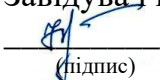


**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Ігоря Сікорського»**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ
АПАРАТУРИ**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

 О.М. Лисенко
(підпис) (ініціали, прізвище)

“15” _____ 06 _____ 2020р.

Дипломний проект


на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 172 "Телекомунікації та радіотехніка"
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

на тему Пристрій для перевірки електронних систем автомобіля


Виконав: студент IV курсу, групи ДК-62

Острянюк Олександр Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)


Керівник ст. викладач О.І. Антонюк

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Рецензент доц. каф ЕПС к.т.н. Д.А. Миколаєць

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)


(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Київ - 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»**

Факультет електроніки

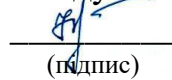
Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 172 “Телекомунікації та радіотехніка”
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Лисенко О.М.
(підпис) (прізвище ініціали)

«17» 02 _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Острянка Олександра Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Пристрій для перевірки електронних систем автомобіля
керівник проекту Антонюк Олександр Ігорович, старший викладач
затверджені наказом по університету від 25.05.2020 року №1196-с
2. Термін подання студентом проекту 10 червня 2020 року
3. Вихідні дані до проекту. Пристрій для перевірки електронних систем автомобіля. Пристрій належить до систем тестування електронних систем автомобіля, та може бути використаний як на спеціалізованих автосервісах так і у домашніх умовах.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:
 - аналіз технічного завдання;
 - огляд існуючих пристроїв для сканування електричних систем автомобіля;

- розробка структурної схеми приладу;
- обґрунтування вибору елементної бази;
- розробка схеми електричної принципової;
- вибір типу та матеріалу друкованої плати;
- вибір класу точності друкованої плати;
- вибір методу виготовлення друкованої плати;
- розміщення компонентів та трасування друкованої плати;
- проектування у Altium Designer;
- конструкторсько-технологічні розрахунки;
- електричний розрахунок друкованої плати;
- розрахунок надійності друкованої плати;
- розрахунок віброміцності друкованої плати;
- розробка програмного забезпечення, моделювання та створення прототипу приладу;
- висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів, презентацій тощо):

- схема електрична принципова;
- друкована плата;
- складальне креслення друкованої плати.

6. Дата видачі завдання 17.02.20

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	17.02.20-01.03.20	виконано
2	Розробка структурної схеми	02.03.20-09.03.20	виконано
3	Вибір елементної бази	09.03.20-23.03.20	виконано
4	Розробка схеми електричної принципової	24.03.20-07.04.20	виконано
5	Вибір матеріалу, класу точності та методу виготовлення друкованої плати	08.04.20-09.04.20	виконано
6	Розміщення та трасування компонентів друкованої плати	10.04.20-13.04.20	виконано
7	Проектування у Altium Designer	14.04.20-21.04.20	виконано
8	Конструкторсько-технологічні розрахунки	22.04.20-01.05.20	виконано
9	Електричний розрахунок та розрахунок надійності друкованої плати	02.05.20-16.05.20	виконано
10	Розрахунок віброміцності друкованої плати	17.05.20-22.05.20	виконано
11	Розробка програмного забезпечення моделювання та створення прототипу приладу	23.05.20-07.06.20	винонано

Студент О.М.С.
(підпис)

Керівник проекту О.І.
(підпис)

О.В. Острянко
(прізвище та ініціали)
О.І. Антонюк
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Роботу викладено на 75 сторінках, вона містить 5 розділів, 33 ілюстрацій, 6 таблиць та 16 джерел в переліку посилань.

Метою даної роботи є створення пристрою, що слідкує за обертами двигуна, швидкістю автомобіля, температурою в салоні, виставленою температурою на термостаті та положенням ручки селектору коробки передач. Відповідно до вхідних даних проводить обчислення та відображає поточний стан автомобіля.

У ході роботи виконано пошук існуючих пристроїв для сканування електронних систем автомобіля, сформовано уявлення про конструктивні та структурні рішення, характеристики та параметри пристрою, що буде розроблятися в рамках дипломного проектування. Розроблено структурну схему, виконано вибір елементів та розроблено схему електричну принципову. Зроблено аналіз типів та матеріалів друкованої плати, класів точності та методів виготовлення друкованих плат. Виконано розрахунки, що підтверджують правильність конструкторського рішення, розраховано ресурс пристрою. Модельовано роботу пристрою, а також зібрано та проаналізовано прототип пристрою.

Було взято участь у наступних конференціях:

- Міжнародна науково-технічна XIII конференція молодих вчених «Електроніка – 2020»;
- X Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасний рух науки»;
- «Молодіжна наукова ліга» м. Харків.

Ключові слова – електронна система; перевірка; автомобіль; автоматична коробка переключення передач; клімат-контроль; FPGA.

ABSTRACT

The work is presented on 75 pages, it contains 5 sections, 33 illustrations, 6 tables and 16 sources in the list of references.

The purpose of this work is to create a device that monitors engine speed, vehicle speed, cabin temperature, set temperature on the thermostat and the position of the selector knob. According to the input data, the device calculates and displays the current state of the car.

In the course of work the search of existing devices for scanning of electronic systems of the car is executed, the idea of constructive and structural decisions, characteristics and parameters of the device which will be developed within the limits of diploma designing is formed. The structural scheme is developed, the choice of elements is executed and the electric basic scheme is developed. The analysis of types and materials of the printed circuit board, accuracy classes and methods of manufacturing of printed circuit boards is made. Calculations confirming the correctness of the design solution are performed, the resource of the device is calculated. The operation of the device is simulated, and a prototype of the device is collected and analyzed.

The following conferences were attended:

- International Scientific and Technical XIII Conference of Young Scientists "Elektronika - 2020";
- X International Scientific and Practical Internet Conference "Suchasnyi Rukh Nauky";
- "Molodizhna Naukova Liha" Kharkiv.

Keywords – electronic system; audit; car; automatic transmission; climate control; FPGA.



Пояснювальна записка до дипломного проекту

на тему: **Пристрій для перевірки електронних систем автомобіля**

Київ – 2020 року

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПОШУК АНАЛОГІВ....	6
1.1 Теоретичні відомості	6
1.2 Вивчення аналогів.....	11
Висновок по розділу	14
РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ.....	15
2.1 Розробка структурної схеми та принцип роботи приладу	15
2.2 Вибір і обґрунтування елементної бази.....	17
2.3 Розробка схеми електричної принципової	23
Висновок по розділу	32
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ	34
3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати.....	34
3.2 Вибір класу точності друкованої плати.....	36
3.3 Вибір методу виготовлення друкованої плати	37
3.4 Розміщення компонентів та трасування ДП	38
3.5 Проектування у Altium Designer.....	39
Висновок по розділу	40
РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ	42
4.1 Конструкторсько-технологічні розрахунки друкованої плати.....	42
4.2 Електричний розрахунок друкованої плати	49
4.3 Розрахунок надійності друкованої плати	52
4.4 Розрахунок віброміцності друкованої плати	56
Висновок по розділу	60

					62.468222.001					
									1	75
							. . . 62 '			

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.

МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ ПРИЛАДУ 62

5.1 Написання та синтез коду 62

5.2 Моделювання роботи блоку Engine_ctrl..... 64

5.3 Реалізація прототипу приладу 66

5.4 Використання SignalTap II Logic Analyzer 68

Висновок по розділу 69

ВИСНОВКИ..... 71

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ..... 74

ДОДАТОК А Технічне завдання на проектування

ДОДАТОК Б Участь у конференціях

ДОДАТОК Г Специфікація

ДОДАТОК Д Перелік елементів

Скорочення та умовні позначки

АКПП Автоматична коробка переключення передач

ЕБК Електронний блок керування

АЦП Аналого-цифровий перетворювач

ЦОС Цифрова обробка сигналів

ФНЧ Фільтр низьких частот

КЕ Конструктивні елементи

ЕРЕ Електро-радіо елементи

ЕОА Електронно-обчислювальна апаратура

САПР Система автоматизованого проектування

ВСТУП

В даний час технічна оснащеність автомобілів різними електронними системами значно зросла. Останні досягнення в галузі електроніки та мікропроцесорів сприяли підвищенню надійності, ергономічності і безпеки автомобілів. Класифікація сучасних електронних систем автомобілів включає в себе:

- Електронні системи управління автомобілем;
- Електронні системи управління двигуном;
- Спеціалізовані бортові системи автомобіля;
- Локальні обчислювальні мережі.

Якщо виникає проблема в роботі якоїсь з наведених вище систем, не завжди відразу виходить виявити її, тим більше – визначити причину. Тут потрібна професійна автодіагностика з використанням певного спеціального обладнання. Іноді порушення в роботі агрегатів неможливо виявити через несправність індикаторів і датчиків. Вони відображають показники, які не відповідають реальній картині. Ось чому потрібна систематична діагностика автомобіля.

Автомеханіки рекомендують перевіряти справність систем, агрегатів і вузлів автомобіля не рідше, ніж один раз на рік. Така процедура, в майбутньому заощадить великі кошти на ремонті обладнання, яке не було своєчасно налагоджене. Оскільки агрегати автомобіля взаємопов'язані електропроводкою, активуються і регулюються електронікою, починати перевірку доцільно з комп'ютерної діагностики. Так виходить швидше знайти пошкодження. Хоча постійна діагностика в автосалонах заощадить гроші на капітальному ремонті, вона все одно потребує грошей та часу. Тому деякі автовласники віддають перевагу самостійній діагностиці. Для цього необхідно придбати спеціальний прилад-сканер, за допомогою якого можна проводити діагностику автомобіля у будь-який зручний для власника час. В такому разі навіть при найменших наріканнях у роботі автомобіля, можна провести діагностику, та виявити несправність, або впевнитися у коректній роботі усіх систем.

Метою даної роботи є розробка приладу для діагностики несправностей електронного обладнання автомобіля, що характеризується низькими масо-габаритними показниками та доступною ціною. Для розробки даного приладу було проаналізовано декілька аналогів, які є доступні на ринку. Проведено дослідження основних тенденцій діагностики сучасних автомобілів. Розроблено структурну схему кінцевого приладу. Створено перший робочий прототип приладу, що дозволяє відслідковувати роботу блоку клімат-контролю та електронного блоку керування автоматичною коробкою переключення передач.

					ДК62.468222.001ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		5

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА ПОШУК АНАЛОГІВ

1.1 Теоретичні відомості

Датчик частоти обертання колінчастого валу

Датчик частоти обертання колінчастого валу призначений для синхронізації управління системою впорскування та системою запалювання, тому інша назва датчика - датчик синхронізації. У деяких джерелах інформації датчик носить назву - датчик початку відліку. Сигнали від датчика використовуються системою управління двигуном для встановлення:

- моменту впорскування палива;
- кількості палива, що впорскується;
- моменту запалювання (бензинові двигуни);
- кута повороту розподільного валу при роботі системи зміни фаз газорозподілу;
- часу включення клапана адсорбера при роботі системи уловлювання парів бензину.

Найбільшого поширення набув датчик частоти обертання колінчастого валу індуктивного типу. У деяких системах управління двигуном встановлюється датчик синхронізації, побудований на ефекті Холла

Індуктивний датчик являє собою магнітний сердечник з розташованою навколо нього обмоткою. Принцип роботи датчика полягає в наведенні електрорушійної сили в обмотці при взаємодії магнітного поля датчика з металевим опорним диском (диск синхронізації).

Опорний диск має по колу 58 зубів з пропуском на два зуба (диск типу 60-2). На окремих дизельних двигунах для прискорення визначення положення колінчастого валу і, відповідно, полегшення запуску встановлюється опорний диск типу 60-2-2 (з двома пропусками через 180°).

При обертанні колінчастого валу западини зубів опорного диску змінюють магнітний потік, внаслідок чого в обмотці датчика формується електричний імпульс.

Датчик синхронізації дозволяє визначати два параметри:

- частоту обертання колінчастого валу;
- точне положення колінчастого валу.

Число обертів колінчастого валу визначається за кількістю зубів, що проходять через датчик в одиницю часу. Пропуск зубів служить в якості вихідної точки для визначення положення колінчастого валу. Він відповідає, як правило, знаходженню поршня першого циліндра у верхній мертвій точці.

Датчик частоти обертання колінчастого валу, побудований на ефекті Холла, взаємодіє з опорним диском дещо іншої конструкції. Диск виконаний у вигляді металевих сегментів, розділених металевими вставками. Сегменти являють собою постійні магніти з північними і південними полюсами поперемінно. В якості початку відліку використовується сегмент більшої ширини. Таким чином, побудовано опорний диск типу 60-2.

При несправності датчика частоти обертання колінчастого валу (відсутності сигналу) двигун зупиняється і повторно не запускається.

Датчик положення ручки селектора

При зміні положення селектора вибору передач його нову позицію фіксує спеціальний датчик положення селектора. Отримані дані передаються на електронний блок управління (найчастіше він окремий для АКПП, але при цьому має зв'язок з ЕБК двигуна автомобіля), який запускає відповідні програми. Це призводить гідравлічну систему в дію відповідно до обраного режиму руху ("P (N)", "D", "R" або "M"). В інструкціях до автомобілів даний датчик часто позначається як "інгібітор". Як правило, датчик знаходиться на валу селектора коробки передач, яка, в свою чергу, розташовується під капотом автомобіля. Іноді для отримання інформації він з'єднаний з приводом золотникового клапана вибору режимів руху в гідроблоці.

Датчик положення селектора АКПП можна назвати "багатофункціональним", оскільки сигнал з нього також використовується для включення вогнів заднього ходу, а також для контролю роботи приводу стартера в режимах «Р» і «N». Існує безліч конструкцій датчиків, що визначають положення важеля селектора. В основі класичної схеми датчика використовується потенціометр, який змінює свій опір залежно від положення важеля селектора. Конструктивно він являє собою набір резистивних пластин, по яких переміщається рухливий елемент (повзунок), який пов'язаний з селектором. Залежно від положення повзунка змінюватиметься опір датчика, а значить, і вихідна напруга. Все це знаходиться в нерозбірному корпусі. При виникненні несправностей датчик положення селектора можна прочистити, відкривши шляхом висвердлювання заклепок. Однак налаштувати інгібітор для повторної роботи досить складно, тому простіше просто замінити несправний датчик.

Автоматична коробка переключення передач

Автоматична коробка переключення передач (АКПП) в широкому сенсі – коробка передач, пристрій і механіка роботи якої дозволяють їй в процесі руху транспортного засобу самостійно визначати найбільш підходяще доступне передавальне відношення, переходити (перемикатися) з одного передавального відношення на інше, забезпечувати спрощену для водія процедуру зрушення з місця і виконувати це все автоматично, найбільш оптимально підлаштовуючи власну швидкісну характеристику двигуна під задану водієм швидкість руху в поточних дорожніх умовах. Самостійно визначати та перемикає передачі АКПП дозволяє електронний блок управління (ЕБК), який аналізує вхідні дані, такі як швидкість автомобіля та швидкість обертів двигуна, в залежності від яких відбувається перемикає передач в той чи інший момент часу.

Діагностику АКПП слід проводити, якщо не включається одна з передач, є помітні ривки, шуми або пробуксовка при перемикає передач, збільшена витрата палива, відзначено витік масла. При діагностиці зчитуються коди помилок блоку

управління АКПП, проводиться оцінка показників датчиків температури робочої рідини та положення дросельної заслінки, а також положення селектора АКП.

Датчик внутрішньої температури автомобіля

Датчики температури мають компактні розміри і розташовуються таким чином, щоб охоплювати всі зони автомобіля. Дані, які вимірює цей пристрій, у вигляді електричного сигналу надходять в електронний блок керування. Той, в свою чергу, використовує їх для управління системою примусового охолодження або обігріву повітря. В разі потреби включаючи і вимикаючи кондиціонер або піч опалювання та регулюючи швидкість вентилятора, підтримуючи тим самим постійну робочу температуру.

Принцип роботи пристрою заснований на здатності матеріалів датчика змінювати електричний опір в залежності від температури. Датчик складається з робочого елемента з чутливого матеріалу і контактів, які підключені до електросистеми автомобіля. При некоректній роботі пристрою «мозок» машини отримує невірну інформацію, що призводить до некоректної роботи системи охолодження/опалення. Це нерідко стає причиною того, що температура виставлена водієм на термостаті не співпадає з тією, яку намагається підтримувати блок керування.

Клімат-контроль

Робота клімат контролю в автомобілі заснована на охолодженні повітря, яке відбувається за допомогою кондиціонера, завдяки чому в салоні машини підтримується задана температура повітря. Також не варто забувати і про радіатор опалення, який у всьому цьому процесі теж грає не малу роль. Функціонування обладнання засноване на роботі пристроїв вентиляції, опалення, кондиціонування. Все це управляється за допомогою єдиної системи управління. При цьому не потрібно забувати, що кожне з вище перерахованих пристроїв теж складається з декількох елементів. Наприклад, до складу обладнання кондиціонування автомобіля входять: компресори, ресивери, випарники, конденсатори. Усім цим

					ДК62.468222.001ПЗ	Арх.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		9

обладнанням керує окремий блок керування. У разі виходу зі строю даного блоку, уся система може працювати неадекватно, або не працювати зовсім. Тому, у разі виникнення будь-яких нарікань, необхідно провести діагностику роботи блоку, для виявлення та вчасного виправлення несправності.

Діагностика автомобіля

Технічна діагностика автомобіля це сукупність дій, пов'язаних з пошуком несправностей механізмів і систем автомобіля, для їх подальшого усунення. Діагностика автомобіля повинна проводитися кваліфікованими фахівцями, які мають в своєму розпорядженні сучасне діагностичне обладнання. Тільки такий спосіб діагностування дозволить точно визначити технічний стан механізмів, систем і агрегатів автомобіля. Для проведення робіт з діагностування автомобіля створюються спеціальні ділянки діагностики автомобіля [1, 2].

В даний час для підвищення ефективності діагностики, технічного обслуговування і ремонту автомобілів приймається ряд радикальних заходів: застосовується агрегатно-дільничний метод робіт; створюються станції технічного обслуговування; широко впроваджується діагностування.

Технічне діагностування забезпечує значну економію коштів на утримання автомобілів за рахунок скорочення їх простою під час обслуговування і ремонту, виконання дійсно необхідних регулювальних і ремонтних операцій, скорочення витрат на запасні частини і паливо. Це досягається шляхом своєчасного виявлення і усунення незначних несправностей в системах запалювання, живлення, а також в агрегатах трансмісії.

Широких масштабів набула сучасна комп'ютерна діагностика автомобіля, яка представляє собою комплекс обладнання для перевірки електронних систем автомобіля на наявність помилок і несправностей.

Діагностичний сканер

З некоректною поведінкою автомобіля, напевно, доводилося стикатися будь-якому автовласникові. Навіть якщо контрольні лампи несправностей на приладовій

панелі не горять, машина може зіпсувати життя власнику поганим запуском, плаваючими обертами холостого ходу або перевитратою палива. Але якщо раніше господар звично ліз під капот регулювати карбюратор, то на сучасних автомобілях все дещо складніше. Для виявлення несправностей необхідно мати хороший діагностичний сканер.

1.2 Вивчення аналогів

ELM327

Залежно від апаратної реалізації інтерфейс може мати як USB-підключення (в системі такий прилад розпізнається як віртуальний COM-порт), так і бездротовий інтерфейс Bluetooth. Останнім часом стали поширені пристрої з WiFi-модулем, але, незважаючи на активну рекламу, яка обіцяє високу швидкість передачі даних, в реальності вони менш функціональні, адже більшість програм розраховані саме на віртуальні COM-порти, реалізовані через USB або Bluetooth [3, 4].

Плюси:

- Найбільш доступна ціна з усіх діагностичних приладів;
- Наявність програм під Windows, Android і iOS;
- Більшість моделей компактні і мають бездротове підключення.

Мінуси:

- Ефективність роботи сканера залежить від використаного для зв'язку з ELM327 програмного забезпечення, переважна більшість якого - програми аматорського рівня;
- Не може використовуватися для адаптацій, перекодування блоків управління, «бачить» мінімум пристроїв (зазвичай тільки контролер впорскування).

Характеристики:

Інтерфейс взаємодії: RS232, Bluetooth, WiFi, USB

Струм живлення: 45 мА

					ДК62.468222.001ПЗ	Арх.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		11

Напруга живлення: 12 В

Delphi DS 150 CARS

Адаптер Delphi надається з доступом до онлайн-бази Delphi Direct Evolution. Авторизація підтверджується за допомогою донглу (dongle) – такого собі ліцензійного ключа у вигляді флешки, що входить в комплект. Це дає величезні обсяги ремонтної інформації, причому якісно русифікованої. Звичайно, відсутність оффлайн бази іноді заважає, саме через піратське поширення зламаного ПЗ для китайських клонів виробник перевів документацію в онлайн, з метою унеможливити її копіювання [5].

Оригінальний сканер для діагностики автомобілів, хоча і коштує недешево, стане найкращим інструментом в руках діагноста, до того ж і зручним: інтерфейс оболонки інтуїтивно зрозумілий та якісно перекладений російською.

Плюси:

- Повноцінні діагностичні можливості з хорошим покриттям;
- Онлайн-доступ до багатої сервісної бази.

Мінуси:

- Без доступу в інтернет виникають труднощі.

Характеристики:

Інтерфейс взаємодії: USB type B, Bluetooth v2.1

Напруга живлення: Від 6 до 36 В

Струм живлення: Максимально 500 мА

Сканматик 2

Російський прилад, що підключається до комп'ютера через Bluetooth або USB. Розроблявся в першу чергу для роботи з автомобілями вітчизняного виробництва, і з цією метою успішно використовується багатьма професійними діагностами. Але і з більшістю популярних іномарок він також може цілком коректно працювати: в комплект програмного забезпечення входять модулі для роботи з Kia, Mitsubishi, Chevrolet і так далі [6].

					ДК62.468222.001ПЗ	Арх.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		12

Плюси:

- Коректна робота з усіма підтримуваними марками;
- Можливість бездротового підключення;
- Доступна ціна враховуючи підтримку виробника і високу якість.

Мінуси:

- Малий список підтримуваних марок автомобілів.

Характеристики:

Інтерфейс взаємодії: USB, Bluetooth

Напруга живлення: Від 5 до 36 В

Струм живлення: Від 100 до 300 мА

Серед розглянутих вище пристроїв для діагностики автомобільних систем, присутній екземпляр бюджетного класу, а також декілька більш серйозних приладів-сканерів. Виходячи з аналізу, можна зробити висновок, що бюджетний сканер ELM327 не завжди виконує свої функції, не має спеціального додатку для відображення даних, та зазвичай сканує тільки контролер впорскування. В свою чергу Delphi DS 150 CARS та Сканматик 2 коштують на порядок дорожче, хоча все ще мають свої мінуси.

Однак основним недоліком даних сканерів є те, що вони зчитують та аналізують інформацію, яку їм надає електронний блок керування (ЕБК). По суті, дані прилади дозволяють зчитати коди помилок, які зареєстрував ЕБК, або переглядати поточний стан датчиків. Наприклад поточну швидкість, температуру охолоджувальної рідини і так далі. Але якщо ЕБК вийде з ладу, або через системний збій почне надавати некоректну, спотворену інформацію, результати обробки таких даних не матимуть жодного сенсу. Саме тому розроблюваний прилад матиме можливість оброблювати дані не одразу після ЕБК автомобіля, а саме паралельно з ним, що унеможливить їх спотворення, та дозволить точно визначити момент збою в роботі електронних систем автомобіля.

Висновок по розділу

Проаналізовано прилади для діагностики систем автомобіля, такі як: ELM327, Delphi DS 150 CARS, Сканматик 2. Кожен з яких має декілька протоколів для взаємодії, можливість відображати поточні показники (швидкість, швидкість обертів двигуна і т.д.) в реальному часі, навіть у виді графіків. Оскільки ELM327 являється більш бюджетним варіантом, він не має можливості «писати» в ЕБК автомобіля. Тобто даний прилад не може використовуватись для кодування чи адаптації блоків керування або скидання сервісних інтервалів. Даний блок має можливість лише зчитувати потоки даних систем автомобіля, відображати поточні параметри системи та зчитувати коди несправностей систем автомобіля. В той час як інші два прилади: Delphi DS 150 CARS та Сканматик 2 можуть як «читати» дані з автомобіля, так і «писати» до нього.

Усі проаналізовані аналоги отримують та оброблюють дані з ЕБК автомобіля, тому для кожного з цих приладів притаманний один великий недолік – некоректна робота ЕБК. В такому випадку аналіз даних, що з нього надходять, не має жодного сенсу. Тому для розробки обрано наступний підхід – розроблюваний прилад має аналізувати дані які поступають на ЕБК, працюючи паралельно з ним, а не послідовно. Це дасть можливість аналізувати дані безпосередньо з блоків керування чи з датчиків. Таким чином частота обробки даних буде більшою, а затримки передачі – відсутні.

РОЗДІЛ 2. СХЕМОТЕХНІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ

2.1 Розробка структурної схеми та принцип роботи приладу

Прилад слідкує за датчиками обертів двигуна та вихідного валу коробки передач, положенням селектора коробки передач та температурою в автомобілі. Структурну схему підключення приладу зображено на рис.2.1.

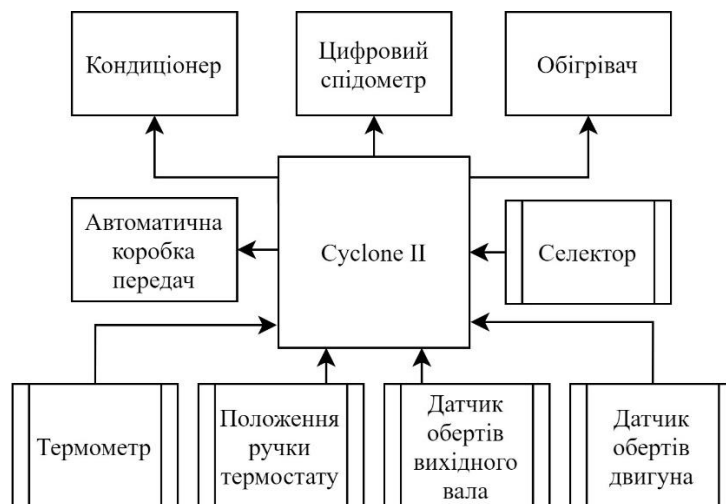


Рисунок 2.1 – Структурна схема підключення приладу

Більш детально розглянемо блоки, які реалізовано всередині мікросхеми Cyclone II – рис.2.2 нижче.

Розберемо по черзі кожен з блоків.

Блок обчислення обертів за хвилину

Даний блок рахує імпульси на своєму вході, до тих пір, поки не отримає сигнал від секундного таймера. Після чого нарахована кількість імпульсів обчислюється у кількість обертів за хвилину.

Блок обчислення кілометрів за годину

Даний блок аналогічно до попереднього рахує вхідні імпульси, та очікує команди від секундного таймера. Однак кінцевий розрахунок відрізняється тим, що даний блок знає, яка відстань відповідає одному імпульсу. Тому кількість імпульсів надає блоку можливість вичислити відстань яку подолав автомобіль за одну секунду. Після чого досить легко обчислити швидкість у км/год.

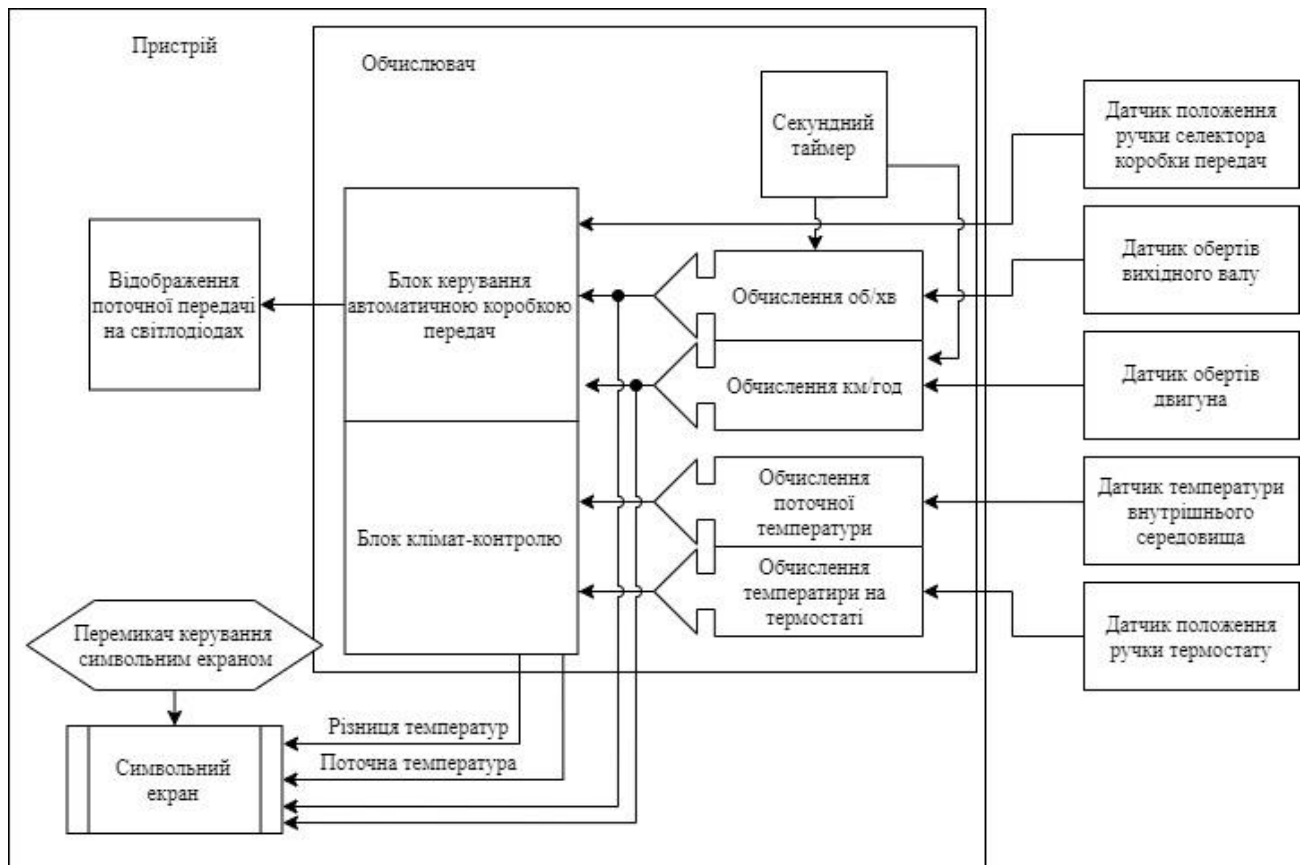


Рисунок 2.2 – Внутрішні блоки приладу

Блок обчислення поточної температури

На вхід даного блоку надходить число, яке відповідає рівню напруги на датчику температури всередині автомобіля. Знаючи залежність опору датчика від температури, він обчислює поточну температуру в автомобілі.

Блок обчислення температури на термостаті

Виходячи з того, що ручка термостату змінює значення опору змінного резистора, блоку необхідно знати лише залежність опору від кута повороту ручки, та яка температура відповідає цьому куту. Після чого з отриманого значення напруги на даному резисторі, легко вичислити кут положення ручки термостату – відповідно і значення температури на термостаті.

Блок клімат-контролю

Даний блок слідкує за поточним значенням температури в автомобілі, та значенням виставленим на термостаті. Якщо дані значення відрізняються, він

надсилає контролюючі сигнали на обігрівач або кондиціонер, в залежності від знаку різниці значень.

Блок керування автоматичною коробкою передач

Даний блок слідкує за значеннями швидкості обертів двигуна, швидкості автомобіля та положенням ручки селектора коробки передач. Та, відповідно до порогових значень швидкостей, посилає сигнал про переключення передачі.

Символьний екран

В залежності від вибраного режиму відображення, показує:

- Поточне значення температури в автомобілі та різницю між цим значенням и значенням температури на термостаті;
- Поточне значення швидкості обертів двигуна та швидкості автомобіля. Іншими словами, виконує роль цифрового спідометра та тахометра.

Блок відображення поточної передачі на світлодіодах

Даний блок за допомогою чотирьох світлодіодів відображає поточну передачу автомобіля. По одному світлодіоду на передачу.

2.2 Вибір і обґрунтування елементної бази

FPGA

Логічна ємність і продуктивність матриць FPGA в останні роки значно зросли завдяки ряду факторів: переходу на більш високий технологічний рівень, підвищення ступеня інтеграції на кристалі, появи більш швидких послідовних інтерфейсів і протоколів зв'язку, використання спеціалізованих обчислювальних ядер і вдосконалених логічних схем.

З розвитком технології FPGA знайшли широке застосування у вбудованих обчислювальних системах військового і аерокосмічного призначення, для яких характерні жорсткі обмеження по потужності споживання, розміром і вагою

елементів. Матриці FPGA добре підходять для таких пристроїв як радіолокаційні установки, системи радіотехнічної розвідки, системи обробки зображень, пристрої обробки сигналів і т.д., тобто вони призначені в першу чергу для тих пристроїв, в яких проводиться обробка сигналів і векторні або матричні обчислення. У таких додатках головним критерієм є не вартість, а характеристики пристрою, особливо його швидкодія.

Матриці підходять не для будь-якого проекту. Їх ключовими недоліками є вартість, неможливість робити обчислення з плаваючою комою і складність розробки програмного коду.

З огляду на здатності виконувати громіздкі паралельні обчислення матриці FPGA стали широко використовуватися в складних додатках. Працюючи на порівняно невисоких тактових частотах порядку сотень МГц, вони можуть виконувати десятки тисяч обчислень за один такт і при цьому споживати набагато менше енергії, ніж мікропроцесори при такій же продуктивності. Якщо перерахувати продуктивність на ват споживаної потужності, то виявиться, що матриці перевершують мікропроцесори приблизно в 50-100 разів.

Розробка приладу на базі FPGA хоча і потребує дещо більших зусиль при написанні програмного забезпечення, проте дозволяє досить точно сконфігурувати кінцевий продукт. Адже розробник буде точно знати де і які ресурси задіяно. Це нагадує роботу з мікроконтроллерами, де: розробник повинен писати на мові асемблера для досягнення найвищої ефективності, та повної впевненості у використаних ресурсах. Інакше, при написанні програми на більш високорівневих мовах програмування, не кажучи вже про скретч-програмування, розробник не може бути впевнений у тому як саме компілятор буде розпоряджатися наданими йому ресурсами.

Також присутня можливість змінювати внутрішню структуру приладу, що в свою чергу знайде застосування для діагностики автомобілів різних марок.

Тому для розробки вирішено використовувати FPGA. А саме EP2C5T144. Даний кристал знаходиться в корпусі TQFP з 144 ніжками. Обрано саме такий корпус, а не BGA, через те, що для трасування BGA необхідно використовувати

					ДК62.468222.001ПЗ	Арх.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		18

п'ятий клас точності, та багатошарову друковану плату (БДП). Оскільки даний проект, сам по собі, не надто складний, використовувати п'ятий клас точності та БДП тільки через те, що FPGA обрано в BGA корпусі, не досить доречно.

EP2C5T144 має наступні характеристики:

- Кількість LABs – 288;
- Кількість логічних елементів – 4608;
- Загальна кількість бітів RAM – 119808;
- Кількість портів – 89;
- Напруга живлення – 1.15V ~ 1.25V.

Дисплей для відображення стану автомобіля

Оскільки наразі пристрій не має будувати жодних графіків, чи відображати якусь інформацію у вигляді картинок, вирішено використовувати звичайний символний екран. А саме JNB1602I – це дисплей на 32 символи, розташовані в два рядка. Типова напруга живлення – 5 В. Також дисплей має вхід для налаштування контрасту. Зазвичай цей вхід з'єднується зі змінним резистором, яким можна керувати поточною контрастністю, але цей вихід можна підключити на землю. В такому разі контрастність постійно буде на максимальному рівні.

Інформація надходить до з дисплею через 4/8 бітну, двонаправлену шину даних. В залежності від стану входу R/W, у нашому випадку даний вхід під'єднано на землю, одже дисплей постійно працює в режимі Write – запису. Розподіл між командами та даними що надходять на дисплей відбувається за допомогою спеціального входу RS – Data/Command register selection. Якщо на даному вході високий потенціал – по шині даних передаються дані, якщо низький – команди.

Живлення пристрою

Для коректного функціонування всіх вузлів пристрою необхідно забезпечити три рівня живлення: 1.2 В, 3.3 В та 5 В.

Для вирішення даної задачі використано мікросхеми LM317. Дані мікросхеми можуть оперувати напругою в межах від 1.2 В до 37 В, в залежності від

					ДК62.468222.001ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		19

схеми включення. Також, в залежності від тепловідводу, дана мікросхема може проводити струм до 1.5 А. В свою чергу корпус DPAK має можливість розсіювати зайву потужність на плату.

Струм керування даних мікросхем максимально мінімізований – 100 мкА максимум. Така мінімізація дозволяє досить просто розраховувати вихідну напругу звичайним подільником на резисторах.

Супервізор по живленню

Найбільшим ефективним і дешевим способом контролю над напругою живлення при розробці мікропроцесорних систем є використання зовнішньої мікросхеми супервізора по живленню. Вона дозволяє не тільки підтримувати FPGA в стані скидання перед її пуском (функція POR – power on reset), але і контролювати рівень і стабільність живлення під час виконання програми (функція BOR – brown out reset), виконувати функції сторожового таймера (WDT), а також реалізовувати інші сервісні функції, такі, як зовнішнє скидання.

Незважаючи на те, що більшість з сучасних FPGA мікросхем вже мають в своєму складі вбудовані модулі POR і BOR, застосування зовнішніх супервізорів виправдано з таких міркувань:

1. Обмежене число контрольних точок для скидання мікросхеми при використанні внутрішніх функцій, в порівнянні з супервізором.

2. Струм споживання зовнішнього супервізора в сотні разів менше в порівнянні зі споживанням при підключенні внутрішньої функції BOR і POR, що пов'язано в першу чергу з технологією виробництва FPGA та аналогових мікросхем.

Вирішено використовувати BU4810G-TR з наступними параметрами:

- Дуже низьке споживання струму – 55 мкА;
- Високоточне виявлення зміни напруги – $\pm 1.0\%$;
- Малогабаритний корпус – 2.00x2.10x0.95 мм;
- Порогове значення напруги – 1 В.

АЦП

Аналого-цифровий перетворювач (АЦП) – пристрій, що перетворює вхідний аналоговий сигнал в дискретний код (цифровий сигнал).

Для зняття даних з датчиків внутрішньої температури та положення ручки селектора необхідно щоб пристрій мав можливість слідкувати за рівнем напруги на даних датчиках. Для цього пропонується використовувати АЦП, а саме TLA2021.

Даний АЦП має ряд вагомих плюсів:

- Малогабаритний – 2 мм х 1.5 мм;
- Дешевий – від 1\$/шт.;
- Мале споживання струму – 150 мкА;
- Широкий діапазон напруг живлення – від 2 В до 5.5 В;
- Має 4 односторонні або 2 диференційні входи;
- I2C сумісний інтерфейс.

Даних параметрів достатньо аби задовольнити потреби у зчитуванні даних з датчиків температури та положення ручки селектора для їх подальшої обробки блоком керування.

Компаратор

Для реалізації активного фільтра другого порядку необхідно вибрати компаратор.

Пропонується використовувати МСР6544, оскільки його швидкодія дозволяє реалізувати фільтрацію високочастотного сигналу, його напруга живлення може бути в межах від 1.6 В до 5.5 В, а також один такий кристал містить в собі чотири компаратори, три з яких будуть задіяні у даній роботі.

Основні параметри МСР6544:

- Кількість елементів у одному корпусі – 4;
- Напруга живлення – в межах 1.6 В ~ 5.5 В;
- Затримка розповсюдження (тип.) – 4 мкс;
- Затримка розповсюдження (макс.) – 8 мкс;

Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

ДК62.468222.001ПЗ

Арк.

21

- Низький комутаційний струм.

Резистори для антиелайзінгового фільтру

Для побудови якісного фільтру, необхідно використовувати прецизійні резистори. Заходячи наперед, розраховане у наступному пункті значення для резисторів – 48253 Ом. Оскільки найближчі номінали лише 48.1 кОм та 48.7 кОм, у такому разі вирішено використати два паралельно включені резистори номіналом 96.5 кОм, типорозміру 0805, зі значенням відхилення 0.1%, потужністю 0.125 Вт.

Конденсатори для антиелайзінгового фільтру

Як вже було сказано раніше, для побудови якісного фільтру, необхідні досить прецизійні елементи, тому вирішено взяти конденсатори з якомога меншим об'ємом, та якомога меншим відхиленням. У даному випадку також буде використано два паралельно включені конденсатори для підвищення точності та зменшення вартості, оскільки один конденсатор номіналом 2 нФ коштує 0.7 \$, у той час як два конденсатора номіналом 1 нФ – 0.4 \$ [7, 8].

Обрано конденсатори: номінал 1 нФ, точність 1%, робоча напруга 50 В, типорозмір 0603.

До всіх інших елементів схеми особливих вимог не висувається. Тому обрано наступні компоненти:

- Резистори в корпусі 0805;
- Конденсатори в корпусі 0603;
- Роз'єм живлення на два контакти Terminal block;
- Роз'єм для підключення датчиків та надходження зовнішніх сигналів на плату PLS-14;
- Тактова кнопка для зміни режиму відображення ADTSM62RVTR;
- Тумблер для ввімкнення/вимкнення живлення MTS-103-C3;
- Світлодіоди для відображення поточної передачі QTLP601C4TR.

2.3 Розробка схеми електричної принципової

Антиелайзінговий фільтр

Для коректного зчитування даних АЦП, на його вході необхідно розмістити антиелайзінговий фільтр.

Антиелайзінговий фільтр являє собою фільтр низької частоти (ФНЧ), застосовуваний на вході аналого-цифрового перетворювача (АЦП) для підвищення якості оцифрування сигналу.

Якщо F_d – частота дискретизації АЦП, то частота зрізу антиелайзінгового ФНЧ приблизно дорівнює половині $0.5 * F_d$. Придушення частот сигналу вище половини частоти дискретизації АЦП виключає ефект накладення на сигнал дзеркальних частот перетворення, або, як це зазвичай називають в класичній літературі з ЦОС, виключає ефект накладення спектрів. Антиелайзінговий фільтр фактично забезпечує спектральну вірність перетворення АЦП, виключаючи з сигналу сторонні призвуки – артефакти перетворення.

Згідно з документацією, АЦП TLA2021 має максимальну частоту вибірок за секунду – 3300. Відносно даної частоти можна розрахувати частоту зрізу антиелайзінгового фільтру:

$$F_c = F_d * 0.5 = 3300 * 0.5 = 1650 \text{ Гц}$$

Фільтр Саллівана-Кея

Найбільш розповсюджені схеми активних фільтрів другого порядку, що дозволяють реалізувати більшу крутизну спаду АЧХ в порівнянні зі схемою першого порядку. Найбільшого поширення набула схема Саллівана-Кея [9], наведена на рис. 2.3.

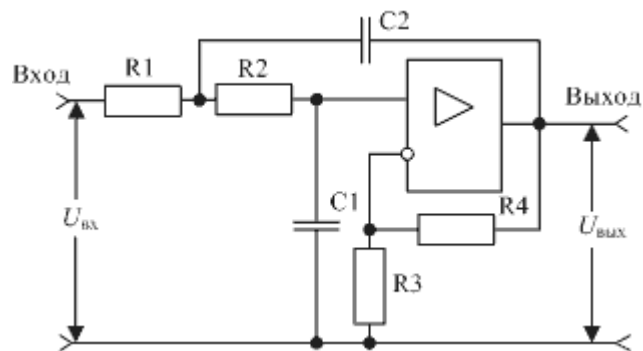


Рисунок 2.3 – Схема активного RC фільтра нижніх частот другого порядку

Амплітудно-частотна характеристика цієї схеми подібна АЧХ ланки другого порядку пасивного LC фільтра. Її вигляд приведений на рис.2.4.

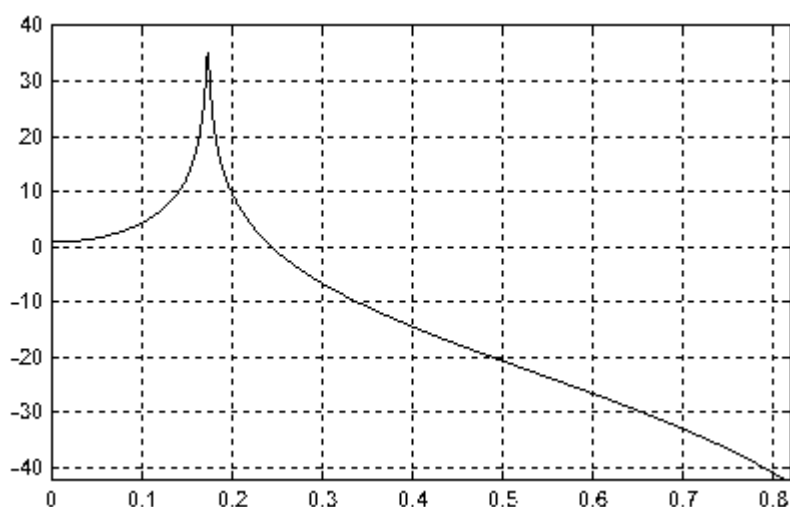


Рисунок 2.4 – Приблизний вигляд амплітудно-частотної характеристики ланки другого порядку активного RC фільтра нижніх частот

Частота резонансу полюса при цьому може бути визначена з формули:

$$F_c = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (2.1)$$

А його добротність:

$$Q = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{(R_1 + R_2) C_2} \quad (2.2)$$

Схема Саллівана-Кея дозволяє максимально спростити вибір елементів схеми. Зазвичай конденсатори C1 і C2 вибирають однакової ємності. Резистори R1 і R2 вибирають однакового опору. Спочатку задаються значення ємностей C1 і C2. Їх ємності намагаються вибрати мінімальними. Саме такі конденсатори мають максимально стабільні характеристики. Потім визначають значення номіналу опору резисторів R1 і R2.

$$R1 = R2 = \frac{1}{2\pi F_c C} \quad (2.3)$$

Резистори R3 і R4 в схемі Саллівана-Кея визначають коефіцієнт посилення по напрузі точно так само як і в звичайній схемі інвертуючого підсилювача.

$$K = 1 + \frac{R4}{R3} = 3 - \frac{1}{Q} \quad (2.4)$$

Оскільки посилення по напрузі не потрібно, даний каскад можна замінити стовідсотковим зворотнім зв'язком. Тобто заведенням виходу компаратора на його інвертуючий вхід.

Розрахуємо номінали резисторів для частоти зрізу 1650 Гц, взявши номінали конденсаторів рівними $C1=C2= 2 \text{ нФ}$:

$$R1 = R2 = \frac{1}{2\pi * 1650 * 2 * 10^{-9}} = 48253 \text{ Ом}$$

Для досягнення максимальної точності вирішено включати паралельно два резистори номіналом 96.5 кОм, таким чином загальний опір буде 48.25, а це лише на 3 Ом менше розрахованого, не враховуючи похибку у 0.1%.

На рис.2.5 зображено кінцеву схему включення одного з фільтрів.

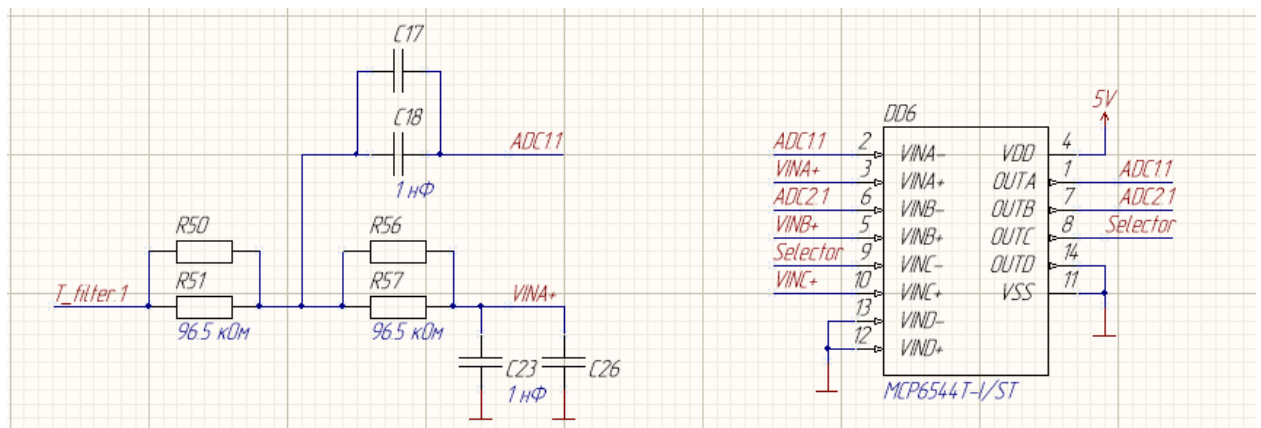


Рисунок 2.5 – Антиалайзінговий фільтр на вході АЦП

Сигнали на рисунку:

- T_filter.1 – Вхідний, не відфільтрований сигнал;
- VINA+ – Сигнал що надходить на неінвертуючий вхід компаратора;
- ADC1.1 – Відфільтрований сигнал, що далі йде на вхід АЦП.

Забезпечення рівнів живлення 1.2 В, 3.3 В та 5 В

Для вирішення даної задачі використано мікросхему LM317. Розглянемо схему включення даної мікросхеми рис.2.6 нижче.

В документації наведено наступні дані.

LM317 забезпечує внутрішню опорну напругу 1.25 В між контактом виходу та регулювання.

Для розрахунку вихідної напруги наведена формула:

$$V_O = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} R_2 \quad (2.5)$$

Figure 6. Basic adjustable regulator

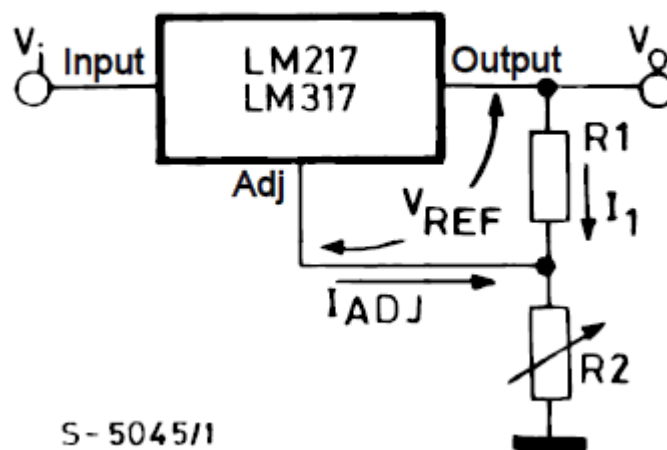


Рисунок 2.6 – Стандартна схема включення

Також зазначено, що пристрій розроблено таким чином, щоб мінімізувати струм I_{ADJ} (макс. 100 мкА), та підтримувати його постійним під час зміни лінії живлення та навантаження. Тому терміном $I_{ADJ} R_2$ пропонують знехтувати. Таким чином розрахунок вихідної напруги зводиться до розрахунку дільника напруги на резисторах R_1 , R_2 .

Візьмемо значення резистору R_1 з наведеного в документації прикладу 240 Ом. Таким чином залишається розрахувати значення резистора R_2 для всіх трьох напруг живлення.

Напруга 1.25 В:

$$1.25 = 1.25 \left(1 + \frac{R2}{240} \right) \quad (2.6)$$

Не складно побачити, що резистор R2 має бути нульового опору. В такому разі від буде виступати в якості запобіжника.

Напруга 3.3 В:

$$3.3 = 1.25 \left(1 + \frac{R2}{240} \right)$$

$$R2 = \left(\frac{3.3}{1.25} - 1 \right) 240 = 393.60 \text{ Ом}$$

Для досягнення максимальної точності, вирішено включити два резистори номіналом 845 Ом та 750 Ом паралельно. В такому разі їх сумарна провідність буде:

$$R2 = \frac{845 * 750}{845 + 750} = 397.34 \text{ Ом}$$

Напруга 5 В:

$$5 = 1.25 \left(1 + \frac{R2}{240} \right)$$

$$R2 = \left(\frac{5}{1.25} - 1 \right) 240 = 720 \text{ Ом}$$

На рис.2.7 зображено кінцеву схему забезпечення живлення.

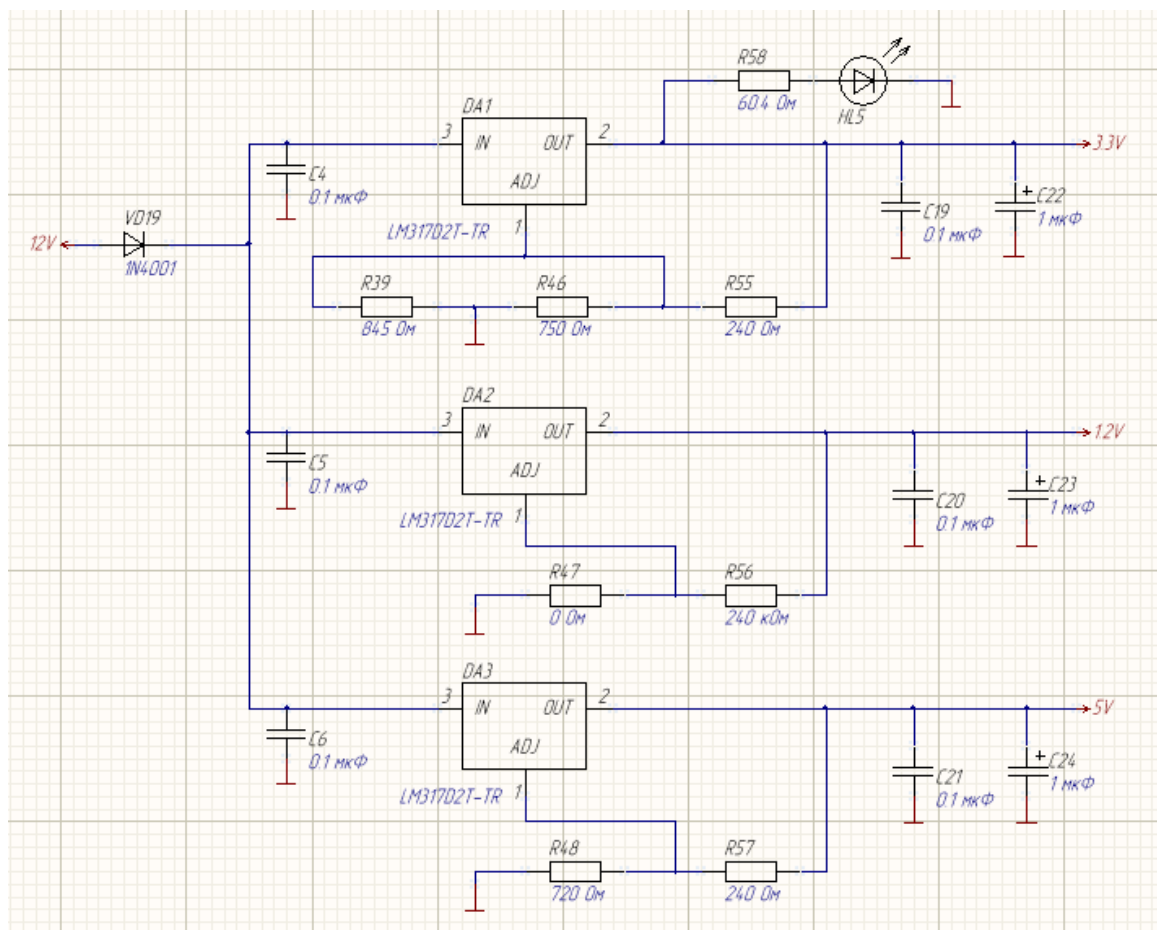


Рисунок 2.7 – Схема забезпечення живлення

Підключення EP2C5T144

Для підключення живлення виділено окремий блок, який містить в собі живлення внутрішньої логіки, живлення регістрів вводу/виводу, та живлення PLL блоків. Даний блок зображено на рис. 2.8 нижче.

З рис. 2.8 видно, що до даного блоку також відведено вхід DEV_CLRn, до якого підключено схему супервізора BU4810. Саме так виглядає схема включення супервізора, який контролює щоб рівень напруги живлення логіки не впав нижче 1 В, в протилежному випадку він буде тримати внутрішню логіку в скинутому стані.

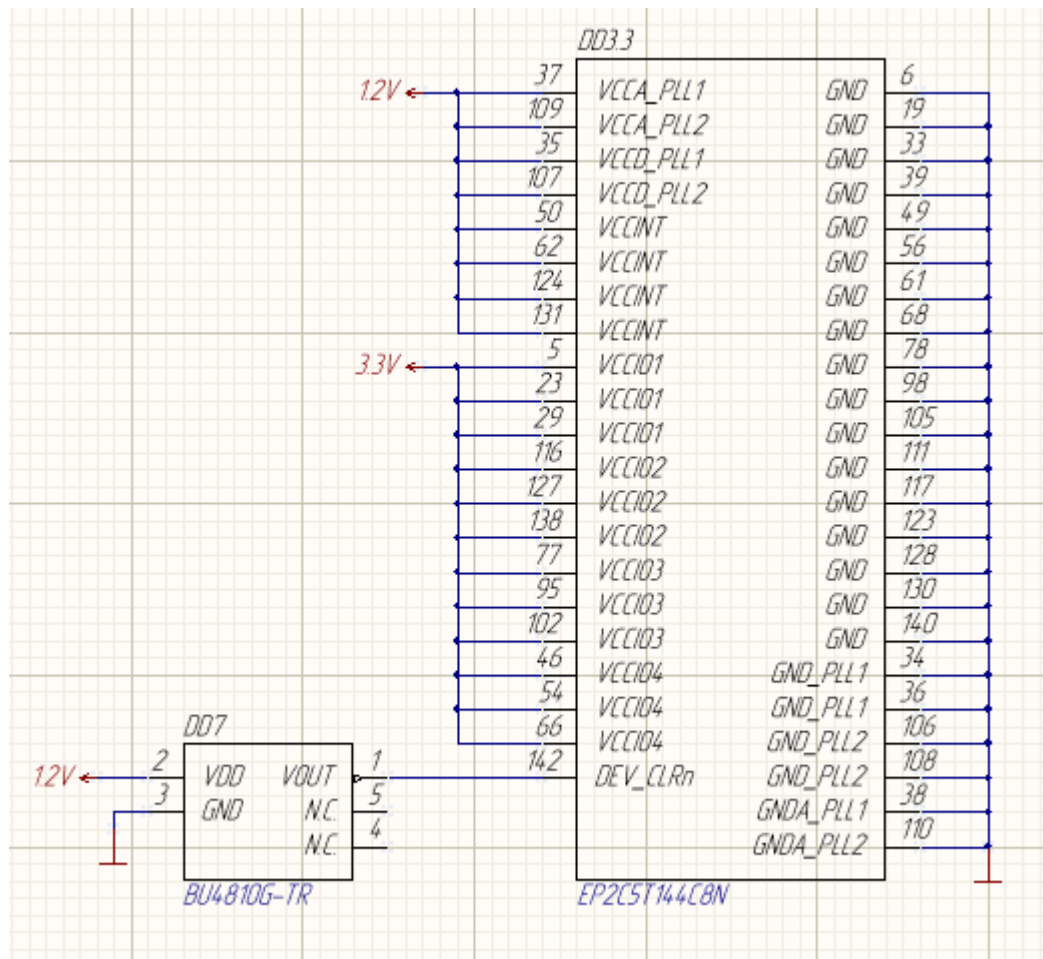


Рисунок 2.8 – Підключення живлення до FPGA

Згідно з документацією, входи nCONFIG, nSTATUS, CONF_DONE повинні буди підтянуті до напруги живлення 3.3 В через резистор 10 кОм. Схема включення зображена на рис.2.9 нижче.

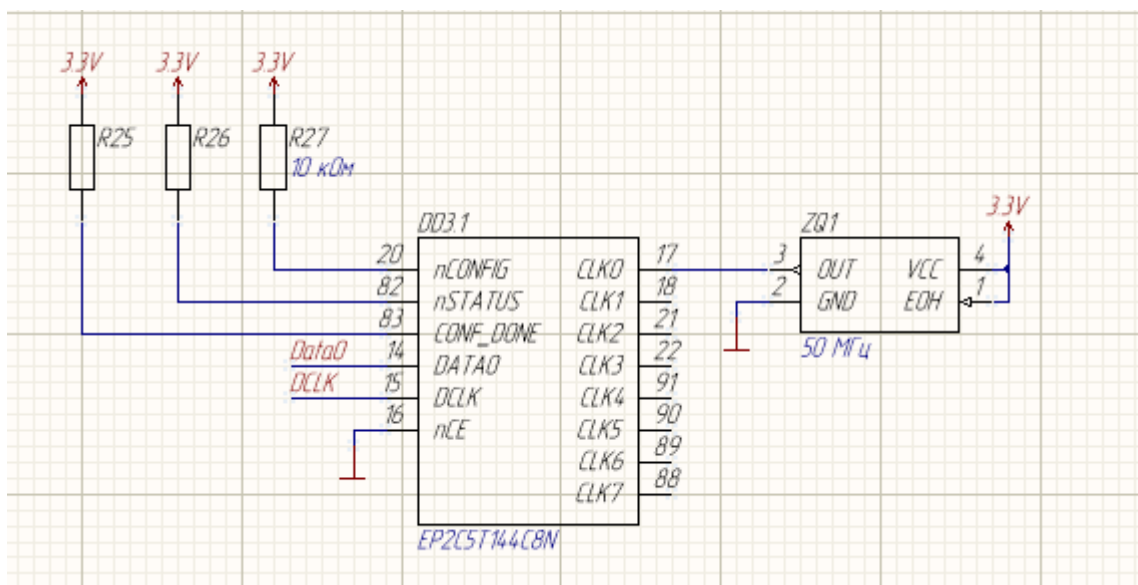


Рисунок 2.9 – Підтяжка до живлення, тактування

Також на даному рисунку зображено підключення тактового генератора CB3LV-3I-50M0000 на 50 МГц. Вхід ЕОН – вхід дозволу роботи підключено до живлення. Тобто даний генератор працює постійно. Підключення зовнішнього тактового генератора необхідне для забезпечення можливості чіткого виміру проміжків часу. Адже зовнішні тактові генератори набагато стабільніші за внутрішні RC ланцюги.

Підключення зовнішніх виводів

Для роботи з датчиками температури та датчиками обертів необхідно узгодити рівні напруги між цими датчиками та вхідними ніжками FPGA, адже рівень напруги на датчиках може бути як 5 В так і 12 В, а максимальна вхідна напруга портів вводу/виводу FPGA – 3.3 В. Для виконання такого узгодження запропоновано використовувати звичайний подільник напруги, розрахований на певні рівні напруги.

Схему подільника напруги зображено на рис.2.10 нижче.

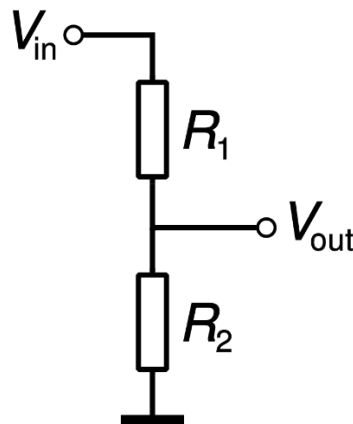


Рисунок 2.10 – Схема подільника напруги

Розрахуємо подільник напруги на вході 12 В.

Візьмемо резистор R1 номіналом 100 кОм, таким чином залишається розрахувати лише резистор R2.

$$R2 = \frac{V_{out} + R1}{V_{in} - V_{out}} = \frac{3.3 + 100 * 10^3}{12 - 3.3} = 37931.03 \text{ Ом}$$

Обрано резистор номіналом 36 кОм.

Аналогічний розрахунок проведено для вхідної напруги 5 В. Результуючу схему зображено на рис.2.11.

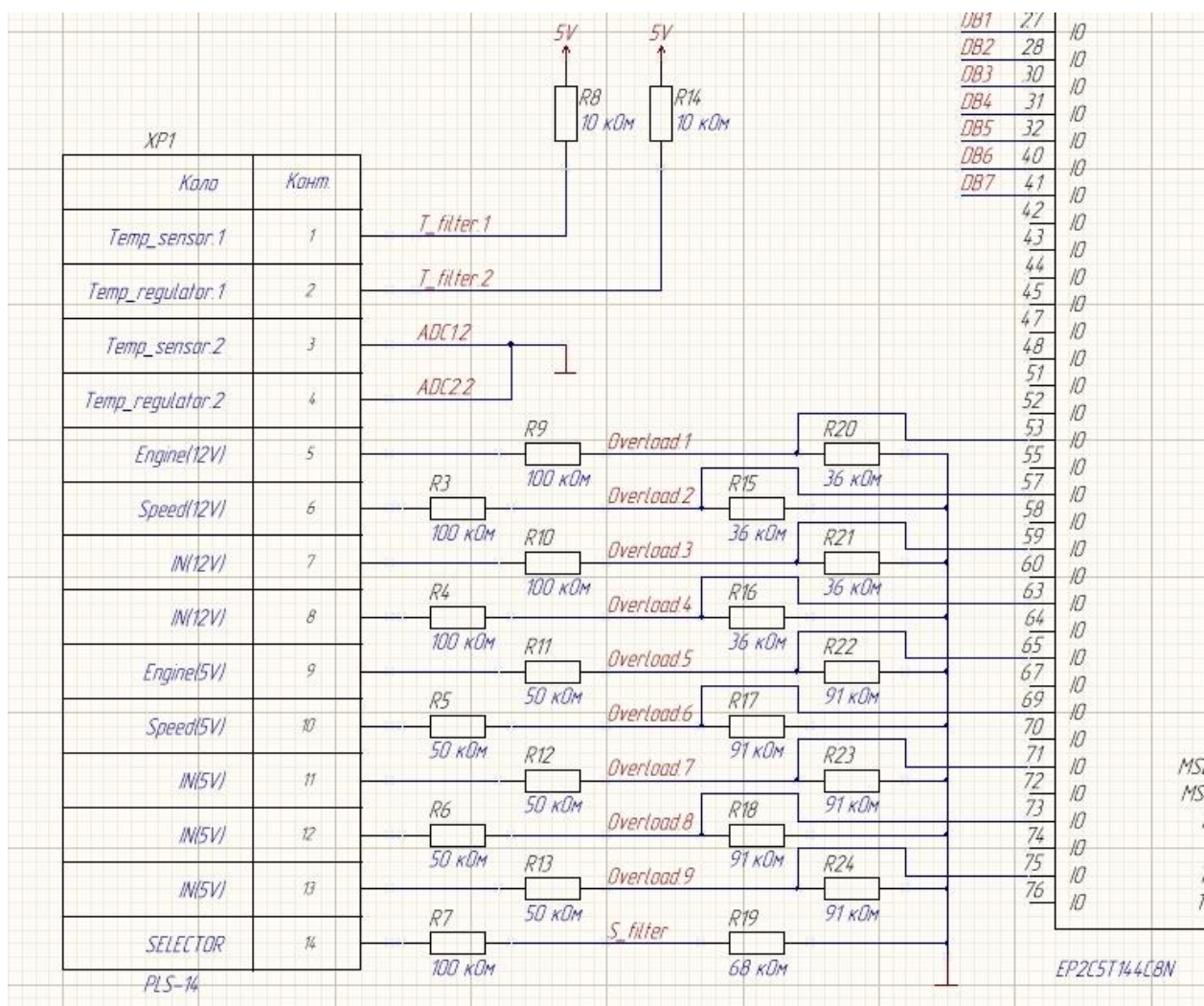


Рисунок 2.11 – Підключення зовнішніх виводів пристрою

Підключення світлодіодів

В схемі даного пристрою присутні п'ять світлодіодів. Чотири червоні – для відображення поточної передачі, та один зелений, для сповіщення про наявність напруги живлення.

Червоні світлодіоди мають наступні параметри:

- Падіння напруги – 2.1 В;
- Робочий струм живлення – 25 мА.

Знаючи напругу, яка відповідає логічній одиниці на ніжці FPGA – 3.3В, розрахуємо опір резисторів, які будуть обмежувати струм, що протікає через дані світлодіоди.

$$R = \frac{3.3 - 2.1}{25 * 10^{-3}} = 48 \text{ Ом}$$

Розрахуємо потужність, яка буде розсіюватися на даному резисторі:

$$P = (3.3 - 2.1) * 25 * 10^{-3} = 0.03 \text{ Вт}$$

Виходячи з розрахунків, вирішено взяти резистори типорозміру 0805, максимальна розсіювальна потужність 0.125 Вт, похибка 1%, номіналом 48.7 Ом.

Зелений світлодіод має наступні параметри:

Падіння напруги – 2.1 В;

Робочий струм живлення – 20 мА.

Оскільки даний світлодіод буде підключено до напруги живлення 3.3В, можна розрахувати номінал обмежуючого резистора.

$$R = \frac{3.3 - 2.1}{20 * 10^{-3}} = 60 \text{ Ом}$$

Розрахуємо потужність, яка буде розсіюватися на даному резисторі:

$$P = (3.3 - 2.1) * 20 * 10^{-3} = 0.024 \text{ Вт}$$

Виходячи з розрахунків, вирішено взяти резистори типорозміру 0805, максимальна розсіювальна потужність 0.125 Вт, похибка 0.1%, номіналом 60.4 Ом.

Висновок по розділу

Розроблено структурну схему пристрою. Дана схема дозволяє визначити необхідні структурні блоки розроблюваного пристрою. Пристрій виконує функції контролю показників роботи електронного спідометра і тахометра, клімат-контролю, блоку керування автоматичною коробкою передач з можливістю

відображати поточні параметри системи за допомогою світлодіодів та символного екрану.

Реалізація приладу на FPGA дозволяє гнучко змінювати параметри та внутрішню будову приладу під час розробки, а також дозволить кінцевому продукту змінювати свій принцип роботи та внутрішню будову в залежності від завантаженої прошивки. Наприклад для сканування автомобілів різного типу.

Обрано дисплей JHB1602I для відображення інформації про поточний стан систем автомобіля. Даний дисплей має можливість відображати 32 символи одночасно в два рядки, для можливості розширення відображуваної інформації продумано варіант створення різних режимів відображення, які користувач може змінювати за натисканням кнопки.

Оскільки напруга живлення пристрою 12 В, в той час як елементи схеми живляться від напруг: 1.2 В, 3.3 В та 5 В, необхідно забезпечити ці рівні напруги. Для цього обрано мікросхему стабілізатору напруги LM317. Дана мікросхема має досить просту формулу для розрахунку вихідної напруги. А для їх включення необхідно поставити лише два резистора які формують подільник напруги, та декілька конденсаторів по живленню. Також для контролю рівня напруги живлення, яке заходить на FPGA вирішено використовувати BU4810G-TR – зовнішній супервізор, який буде тримати внутрішні блоки FPGA в скинутому стані до того часу, поки напруга живлення не повернеться до нормального рівня.

РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

3.1 Вибір типу та матеріалу друкованої плати

Друкована плата – пластина з діелектрика, на поверхні або в обсязі якої сформовані електропровідні ланцюги електронної схеми. Друкована плата призначена для електричного і механічного з'єднання різних електронних компонентів. Електронні компоненти на друкованій платі з'єднуються своїми контактами з елементами провідного малюнка, зазвичай, паянням.

На відміну від навісного монтажу, на друкованій платі електропровідний малюнок виконано з фольги, цілком розташованої на твердій ізолюючій основі. Друкована плата містить монтажні отвори і контактні майданчики для монтажу вивідних або планарних компонентів. Крім того, на друкованих платах є перехідні отвори для електричного з'єднання ділянок фольги, розташованих на різних шарах плати. З зовнішніх сторін на плату зазвичай нанесені захисне покриття (паяльна маска) та маркування (допоміжний малюнок і текст відповідно до конструкторської документації).

Види друкованих плат

Залежно від кількості шарів з електропровідним малюнком друковані плати поділяють на:

- односторонні (ОДП): є тільки один шар фольги, який наклеєно на одну сторону плати;
- двосторонні (ДДП): два шари фольги;
- багат шарові (БДП): фольга не тільки на двох сторонах плати, а й у внутрішніх шарах діелектрика. Багат шарові друковані плати виходять склеюванням декількох односторонніх або двосторонніх плат [10].

По мірі зростання складності проєктованих пристроїв і щільності монтажу збільшується кількість шарів на платах.

За властивостями матеріалу основи:

- жорсткі;

- теплопровідні;
- гнучкі.

Друковані плати можуть мати свої особливості у зв'язку з їх призначенням і вимогами до особливих умов експлуатації (наприклад, розширений діапазон температур), або особливості застосування (наприклад, плати для приладів, що працюють на високих частотах).

Двосторонні ДП мають високу трасувальну здатність, високу надійність з'єднань, забезпечують високу щільність монтажу елементів та хорошу механічну міцність їх кріплення. А також вони не надто складні у виготовленні. Тобто можна сказати, що для схем середньої складності вони чудово підходять. Адже трасувальна здатність у них вища ніж у одношаровій друкованій платі, що «розв'язує» руки при розводці плати, а складність виконання не така велика як у багатошарових друкованих платах. Тому у якості типу ДП, для розроблюваного приладу, вирішено взяти двосторонню друковану плату.

Матеріал

Основою друкованої плати служить діелектрик, найчастіше використовуються такі матеріали, як стеклотекстолит, гетинакс.

Також основою друкованих плат може служити металева пластина, покрита діелектриком (наприклад, анодований алюміній), поверх діелектрика наноситься мідна фольга. Такі друковані плати застосовуються в силовій електроніці для ефективного відводу тепла від електронних компонентів. Для подальшого поліпшення теплових характеристик металева основа плати може кріпитися до радіатора.

Як матеріал для друкованих плат, що працюють в діапазоні НВЧ і при температурах до 260°C, застосовується фторопласт, армований склотканиною (наприклад, ФАФ-4Д), і кераміка. Такі плати мають наступні обмеження:

- в кераміці зазвичай неможливе виконання отворів, а в ФАФ-4Д – металізація отворів;

- самі по собі такі плати не можуть бути несучою конструкцією, тому використовуються спільно з підкладкою (підставою).

Існують сучасні матеріали і технології, що дозволяють подолати перше обмеження, але не друге.

Гнучкі плати роблять з поліамідних матеріалів, таких як каптон.

Матеріал, що буде використано у якості основи для ДП повинен мати високі електроізоляційні властивості, достатню механічну міцність і бути стійким до кліматичних впливів. Цим критеріям відповідають електротехнічні матеріали:

- склотекстоліт;
- кераміка;
- гнучка фторопластова плівка;
- сітал;
- сапфір та ін.

Взявши до уваги температурні режими схеми та частоти сигналів у схемі (мається на увазі що схема працює не на понад-високих частотах) у якості матеріалу для друкованої плати обрано FR4, адже він має прекрасні механічні та електрофізичні властивості. А саме FR4-2-35-1.5 – двостороння друкована плата з товщиною фольги 35 мкм, та товщиною ДП 1,5 мм.

3.2 Вибір класу точності друкованої плати

ГОСТ 23.751-86 передбачає п'ять класів точності друкованих плат:

Таблиця 3.1 – Граничні значення основних параметрів ДМ

Параметр	Позначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{\text{прг}}$	0,45	0,25	0,15	0,10
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	l_{Γ}	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантований поясок, мм	$b_{\text{по}}$	0,20	0,10	0,05	0,03
Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати, мм	$K_{\text{дт}}$	0,40	0,33	0,25	0,20

Точність виготовлення друкованих плат залежить від комплексу технологічних характеристик, і з практичної точки зору визначає основні параметри елементів друкованої плати. В першу чергу це відноситься до мінімальної ширини провідників, мінімального зазору між елементами провідного малюнка (все це виконано з міді) і до ряду інших параметрів.

Так як у схемі приладу використано SMD елементи, для комфортного трасування даних компонентів, та забезпечення можливості провести провідник між контактними майданчиками таких компонентів, було обрано четвертий клас точності. Оскільки класи точності нижче четвертого не дозволяють таку щільність трасування яка необхідна, а використання п'ятого класу точності буде надлишковим для даного приладу, адже зазвичай п'ятий клас точності використовується для трасування компонентів типу BGA, які можуть бути встановлені тільки за п'ятим класом точності, у такому разі четвертий клас точності повністю задовольняє поставленій задачі трасування, адже він забезпечує високу щільність прокладання провідників та, на відміну від п'ятого класу точності, не потребує використання унікального високоточного обладнання.

3.3 Вибір методу виготовлення друкованої плати

Найбільшого поширення здобули такі методи [11].

Хімічний метод. Полягає в тому, що на мідну фольгу, приклеєну до діелектрика з однієї або з двох сторін, кислотостійкою фарбою наносять малюнок розташування друкованих провідників. Наступним етапом видаляється мідь з незахищених ділянок і на діелектриці залишається схема провідників.

Електрохімічний метод. Полягає в нанесенні на плату кислотостійкою фарбою негативного малюнка провідників. Нанесення малюнка відбувається з наступним нарощуванням шару міді.

Комбінований метод. Полягає в отриманні провідників шляхом труїння фольгованого діелектрика і металізацією отворів електрохімічним способом. Суть методу – труїння фольгованого матеріалу з наступним витравленням фольги з окремих ділянок плати. Цей метод забезпечує отримання чітких ліній провідників

друкованої схеми. Він характеризується меншою трудомісткістю в порівнянні з електрохімічним методом. Друковані плати надійніші, оскільки при цьому діелектрик знаходиться в сприятливішій умові, тому що фольга оберігає його від дії електроліту (ГОСТ 21000-81).

У якості методу для виготовлення ДП обрано комбінований позитивний метод. Цей метод забезпечує отримання чітких ліній провідників друкованої схеми. Він характеризується меншою трудомісткістю в порівнянні з електрохімічним методом. Друковані плати надійніші, оскільки при цьому діелектрик знаходиться в сприятливіших умовах, адже фольга оберігає його від дії електроліту. Також комбінований метод широко застосовується при виготовленні ДДП.

3.4 Розміщення компонентів та трасування ДП

При розміщенні компонентів друкованої плати, в першу чергу накладено обмеження на роз'єми, адже їх необхідно розмістити скраю плати.

Також не потрібно забувати про елементи взаємозв'язку з користувачем. Екран розміщено у центральній верхній частині плати, а кнопку перемикання режимів відображення поруч з екраном.

Після того як фіксовані елементи схеми розміщено, пріоритет було надано мікросхемі FPGA, адже вона являється «мозком» даного приладу, та має найбільшу зв'язність з усіма іншими елементами. Дану мікросхему доцільно розмістити у центрі друкованої плати.

Лінійні стабілізатори LM317 розташовано подалі від всіх інших компонентів, з деяким проміжком між ними. Адже дані компоненти грітимуться більше ніж інші, і таким чином можуть вплинути на роботу інших ІС.

Для того щоб запобігти коливанню напруги в схемі, одразу після лінійних стабілізаторів розміщено декілька пар електролітичних та керамічних конденсаторів. Окремі конденсатори також розміщено біля входів живлення FPGA мікросхеми.

Поруч з лінійними стабілізаторами розташовано світлодіод, який відображає наявність живлення на платі, адже його також можна віднести до так званого блоку живлення плати.

Діоди для скидання зайвої напруги разом з подільниками напруги на вході розташовані одразу біля роз'єму.

3.5 Проектування у Altium Designer

Altium Designer – комплексна система автоматизованого проектування (САПР) радіoeлектронних засобів, розроблена австралійською компанією Altium. Дозволяє проектувати друковані плати у тривимірному вигляді, а також обмінюватись інформацією з механічними САПР (SolidWorks, Pro/ENGINEER та ін.).

Для початку було створено новий проект для створення схеми електричної принципової та трасування плати під прилад що розробляється.

Наступним кроком було створено бібліотеку компонентів, в якій було створено умовно графічні зображення (УГО) для всіх компонентів схеми, та пописано типорозмір, номінал (для тих елементів, для яких це потрібно), виробника та назву елемента.

Для кожного компонента створено відповідна 3D модель та посадкове місце. Для створення моделей використано влаштований помічник IPC Compliant Footprint Wizard. Даний помічник дозволяє створювати 3D моделі та посадкові місця, заносючи в нього габаритні розміри елементів з документації. Всю іншу роботу він виконує самостійно. На виході отримано готові посадкові місця з моделями компонентів. Дані моделі прив'язано до відповідних УГО.

Створено новий лист, на якому побудовано схему електричну принципову, використовуючи раніше створену бібліотеку компонентів, та влаштовані можливості, такі як: провідники, шини, підключення до шин, контакт землі, підпис вузлу та інші.

Після чого було створено новий файл, у якому було проведено розміщення та трасування елементів. На даному етапі використовувались посадкові місця

					ДК62.468222.001ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		39

створені раніше. Трасування плати виконано вручну, адже функція автоматичного трасування зазвичай тільки ускладнює подальшу розводку. Всі зв'язки проведено згідно зі схемою електричною принциповою.

На цьому роботу у Altium Designer майже завершено. Останніми кроками була підготовка всіх вихідних даних для подальшого оформлення креслень у середовищі Autocad. А саме додавання таблиці отворів плати та подальший експорт плати у DWG форматі. А також автоматичне формування списку елементів і специфікації плати, та подальшого їх виправлення.

Результат проектування у Altium Designer зображено на рис.3.1.

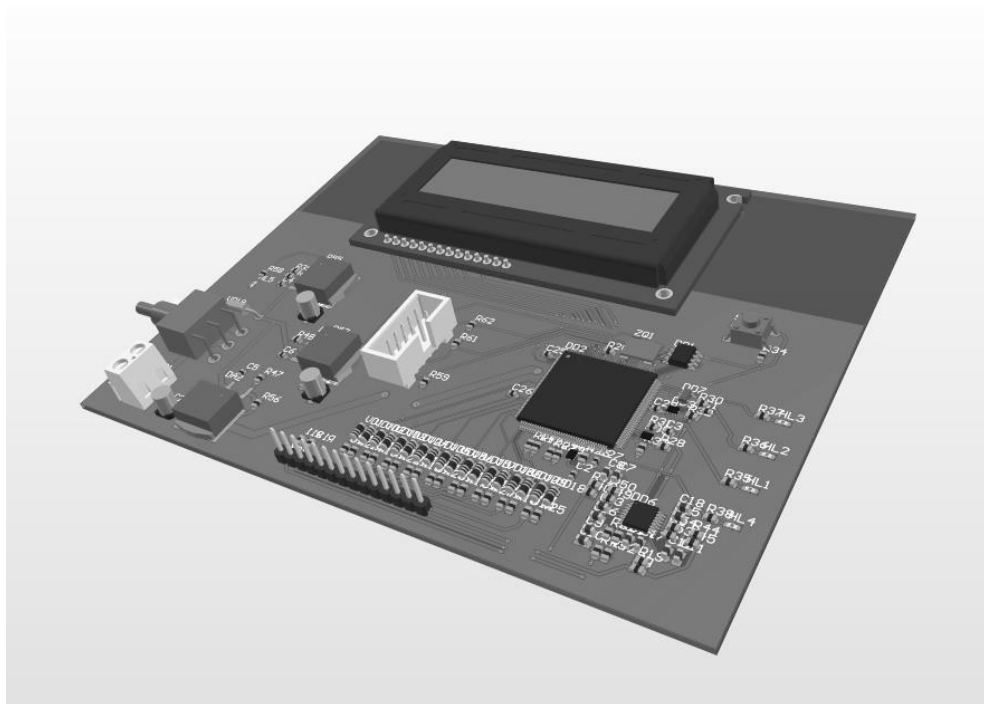


Рисунок 3.1 – 3D модель розробленого друкованого вузла

Висновок по розділу

У даному розділі обрано тип та матеріал друкованої плати, а саме FR4-2-35-1.5 – двостороння друкована плата з товщиною фольги 35 мкм, та товщиною ДП 1,5 мм. Метод виготовлення – комбінований позитивний, оскільки цей спосіб є надійним і відносно дешевим порівняно з хімічним та адитивним. Клас точності – четвертий, для комфортного трасування мікросхем, та забезпечення можливості провести провідник між контактними майданчиками таких компонентів.

Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

ДК62.468222.001ПЗ

Арк.

40

Також проведено розміщення та трасування друкованої плати. В першу чергу проведено розміщення таких елементів як: LCD дисплей та кнопка переключення режимів відображення, роз'єм живлення та роз'єм підключення зовнішніх датчиків. Після чого, першочерговий пріоритет встановлення припадає на FPGA, адже дана мікросхема має найбільшу кількість зв'язків з іншими КЕ. Всі інші компоненти розміщено навколо «мозку» даного пристрою, одночасно їх згруповано по функціональним блокам, які в свою чергу розміщуються максимально близько, для мінімізації часу розповсюдження сигналу, паразитних ємностей та індуктивностей.

Проектування друкованої плати проведено у Altium Designer – комплексній системі автоматизованого проектування радіоелектронних засобів. Дана система має всі необхідні засоби для проектування починаючи із створення бібліотеки компонентів, схеми електричної принципової, та закінчуючи вихідними файлами, які можуть бути використанні на виробництві.

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ

4.1 Конструкторсько-технологічні розрахунки друкованої плати

При конструкторсько-технологічному розрахунку необхідно використовувати граничні значення елементів друкованого монтажу (ДМ) з урахуванням похибки їх виконання.

Необхідні граничні значення елементів друкованого монтажу та допустимі похибки наведені в таблицях 4.1 та 4.2 нижче.

Таблиця 4.1 – Граничні значення основних параметрів ДМ

Параметр	Позначення	Клас точності			
		2	3	4	5
Ширина друкованого провідника, мм	$b_{\text{прг}}$	0,45	0,25	0,15	0,10
Відстань між елементами друкованого монтажу, мм	l_{Γ}	0,45	0,25	0,15	0,10
Гарантований поясок, мм	$b_{\text{по}}$	0,20	0,10	0,05	0,03
Відношення номінального діаметру найменшого з металізованих отворів до товщини друкованої плати, мм	$K_{\text{дт}}$	0,40	0,33	0,25	0,20

Таблиця 4.2 – Допустимі похибки виконання елементів ДМ

Похибка	Позначення	Максимальне значення, мм
Зміщення провідників відносно ліній КС	$\delta_{\text{сп}}$	0,05
Розташування отворів (всіх) відносно вузлу КС	$\delta_{\text{О}}$	0,07
Розташування КМ відносно вузлу КС	$\delta_{\text{КМ}}$	0,015 (0,05)
Фотокопії та фотошаблону	$\delta_{\text{ФФ}}$	0,06
Розташування КМ відносно вузлу КС на фотошаблоні	$\delta_{\text{ФШ}}$	0,05

Визначення мінімальної ширини друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі.

Мінімальна ширина друкованого провідника за постійним струмом $b_{\min I}$ (мм) для ланцюгів живлення та “землі” визначається за виразом 4.1:

$$b_{\min I} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t_{\text{пров}}}, \quad (4.1)$$

де I_{\max} – максимально можливий струм в ланцюгу, А;

$j_{\text{доп}}$ – допустима щільність струму для ДП, що виготовлені комбінованим позитивним методом, $j_{\text{доп}} = 48 \text{ A/mm}^2$.

$t_{\text{пров}}$ – товщина друкованого провідника, що визначається виразом (4.2), мм

Друкований провідник виготовлено комбінованим позитивним методом.

Згідно методу виготовлення:

$$t_{\text{пров}} = h_{\phi} + h_{\text{ГМ}} + h_{\text{ХМ}}, \quad (4.2)$$

де h_{ϕ} – товщина фольги що залежить від матеріалу, $h_{\phi} = 0.035 \text{ мм}$;

$h_{\text{ГМ}}$ – товщина шару гальванічно осадженої міді, $h_{\text{ГМ}} = 0.055 \text{ мм}$;

$h_{\text{ХМ}}$ – товщина шару хімічно осадженої міді, $h_{\text{ХМ}} = 0.0065 \text{ мм}$.

$$t_{\text{пров}} = 0.035 + 0.055 + 0.0065 = 0.097 \text{ мм}$$

Параметр I_{\max} у виразі (4.1) визначається як сума струмів, що споживають всі активні елементи схеми. Значення струмів, що споживаються елементами схеми представлені в таблиці 4.3 нижче.

$$\begin{aligned} I_{\max} &= 100 * 3 + 15\,000 + 100\,000 + 150 + 30\,000 + 0.55 \\ &= 145450.55 \text{ мкА} = 145.45 \text{ мА} \end{aligned}$$

Таблиця 4.3 – Струми, що споживаються елементами схеми.

IC	Кількість	$I_{\text{спож}}$ Одного елемента, мкА	$\sum I_{\text{спож}}$, мкА
LM317D2T-TR	3	100	300
EPCS4SI8N	1	15 000	15 000
EP2C5T144C8N	1	100 000	100 000
TLA2021	1	150	150
MCP6544T-I/ST	1	30 000	30 000
BU4810G-TR	1	0.55	0.55

Тоді мінімальна ширина друкованого провідника на постійному струмі для ланцюгів живлення та “землі” визначається наступним чином:

$$b_{\min I} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} * t_{\text{пров}}} = \frac{145.45 * 10^{-3}}{48 * 0.097} = 0.03 \text{ мм}$$

Проаналізуємо згідно вибраного четвертого класу точності. Отримане значення 0.02 мм менше мінімальної ширини провідника четвертого класу точності 0.15 мм, отже використання мінімальної ширини провідника четвертого класу точності вважається доцільним.

Ланцюги живлення та «землі» вирішено під’єднати за допомогою полігонів, що зменшить падіння напруги до мінімуму, також, у разі необхідності, дасть можливість безперешкодно протікати великим струмам.

Визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги

Мінімальна ширина провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому визначається наступним виразом (4.3):

$$b_{\min U} = \frac{\rho * I_{\max} * L_{\text{пров}}}{t_{\text{пров}} * U_{\text{доп}}}, \quad (4.3)$$

де ρ – питомий опір провідника, виготовленого комбінованим позитивним методом, $\rho = 0.0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2 / \text{м}$;

$L_{\text{пров}}$ – довжина самого довгого друкованого провідника на ДП, м;

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння на пруги на друкованому провіднику, В.

$$U_{\text{доп}} = 5\% \cdot E_{\text{п}} = 0.05 \cdot 12 = 0.6 \text{ В.}$$

$$L_{\text{пров}} = 84.4 \text{ мм.}$$

$$b_{\text{min}U} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot L_{\text{пров}}}{t_{\text{пров}} \cdot U_{\text{доп}}} = \frac{0.0175 \cdot 145.45 \cdot 10^{-3} \cdot 84.4 \cdot 10^{-3}}{0.097 \cdot 0.65} = 3.7 \text{ мкм}$$

Визначимо номінальний діаметр монтажного отвору

$$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{\text{МО}} + r, \quad (4.4)$$

де $d_{\text{ве}}$ – діаметр виводу елемента, для якого визначається діаметр монтажного отвору, мм;

$\Delta d_{\text{МО}}$ – нижнє граничне відхилення від номінального діаметру МО, $\Delta d_{\text{МО}} = 0.1 \text{ мм}$;

r – різниця між мінімальним діаметром МО та максимальним діаметром виводу елементу, $r = 0.1 \dots 0.2 \text{ мм}$. В цьому випадку виходить якісне заповнення МО при пайці та оптимальна вага самої пайки.

Розрахуємо для діода 1N4001.

$$d \geq d_{\text{ве}} + \Delta d_{\text{МО}} + r = 0.9 + 0.1 + 0.2 = 1.2 \text{ мм}$$

Визначимо діаметр контактного майданчику

$$D_{\text{min}} = D_{\text{min1}} + 1.5h_{\text{ф}} + 0.03, \quad (4.5)$$

де D_{min1} – мінімальний ефективний діаметр КМ, мм;

$h_{\text{ф}}$ – товщина фольги, $h_{\text{ф}} = 0.035 \text{ мм}$. Коефіцієнт $1.5h_{\text{ф}}$ враховує підтравлювання фольги друкованого провідника в ширину;

0.03 – КМ виготовляють комбінованим позитивним методом.

$$D_{\text{min1}} = 2 \left(b_{\text{по}} + \frac{d_{\text{max}}}{2} \right) + \delta_{\text{o}} + \delta_{\text{км}}, \quad (4.6)$$

					ДК62.468222.001ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		45

де d_{max} – максимальний діаметр просвердленого отвору в ДП, мм;
 $b_{по}$ – ширина пояса КМ, мм (табл. 4.1);
 δ_o – похибка розташування центру отвору відносно вузла КС, мм (табл.4.2) ;
 $\delta_{км}$ – похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС, мм (табл. 4.2).
 Максимальний діаметр просвердленого отвору ДП.

$$d_{max} = d + \Delta d + (0.1 \dots 0.15), \quad (4.7)$$

де d – номінальний діаметр МО, мм;
 Δd – допуск на діаметр отвору, $\Delta d = 0.05$ мм.

$$d_{max} = d + \Delta d + (0.1 \dots 0.15) = 1.2 + 0.05 + 0.1 = 1.35 \text{ мм}$$

$$D_{min1} = 2 \left(b_{по} + \frac{d_{max}}{2} \right) + \delta_o + \delta_{км} = 2 \left(0.05 + \frac{1.35}{2} \right) + 0.07 + 0.05 = 1.57 \text{ мм}$$

$$D_{min} = D_{min1} + 1.5h_{\phi} + 0.03 = 1.57 + 1.5 * 0.035 + 0.03 = 1.65 \text{ мм}$$

Нас цікавить максимальний діаметр КМ:

$$D_{max} = D_{min} + 0.02 \quad (4.8)$$

$$D_{max} = 1.65 + 0.02 = 1.67 \text{ мм}$$

Визначимо мінімальну ширину провідника

$$b_{min} = b_{прг} + 1.5h_{\phi} + 0.03, \quad (4.9)$$

де $b_{прг}$ – мінімальна ширина провідника. Визначаємо з таблиці класів точності, мм (табл. 4.1). Для четвертого класу точності ДМ $b_{прг} = 0.15$ мм.

$$b_{min} = 0.15 + 1.5 * 0.035 + 0.03 = 0.23 \text{ мм}$$

Нас цікавить максимальна ширина провідника:

$$b_{max} = b_{min} + 0.02 = 0.23 + 0.02 = 0.25 \text{ мм}$$

Визначимо мінімальну відстань між провідником та контактним майданчиком.

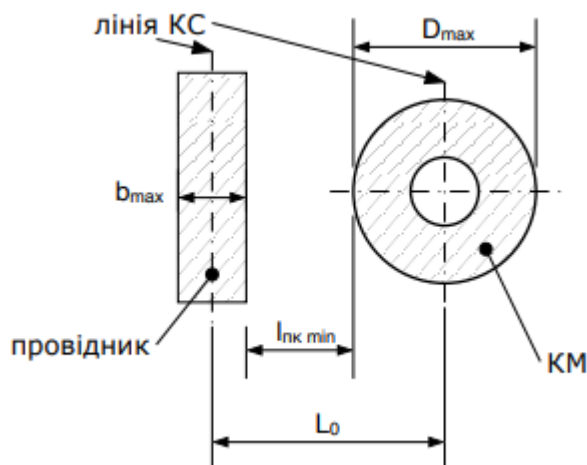


Рисунок 4.1 – Друкований провідник та контактний майданчик з позначеннями відповідних розмірів

$$l_{\text{ПКМ min}} = L_0 - \left(\frac{D_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{КМ}} + \frac{b_{\text{max}}}{2} + \delta_{\text{СП}} \right), \quad (4.10)$$

де L_0 – відстань між центрами отвору та друкованого провідника, що є кратним кроку КС, мм;

D_{max} – максимальний діаметр КМ, мм;

b_{max} – максимальна ширина провідника, мм;

$\delta_{\text{КМ}}$ – похибка розташування центру КМ відносно вузлу КС, $\delta_{\text{КМ}} = 0.05$ мм (табл. 4.2);

$\delta_{\text{СП}}$ – похибка, що враховує зміщення провідника, $\delta_{\text{СП}} = 0.05$ мм.

$L_0 = 1.3$ мм – три кроки КС.

$$l_{\text{ПКМ min}} = 1.3 - \left(\frac{1.67}{2} + 0.05 + \frac{0.25}{2} + 0.05 \right) = 0.24 \text{ мм}$$

Для SMD елементів:

Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

ДК62.468222.001ПЗ

Арк.

47

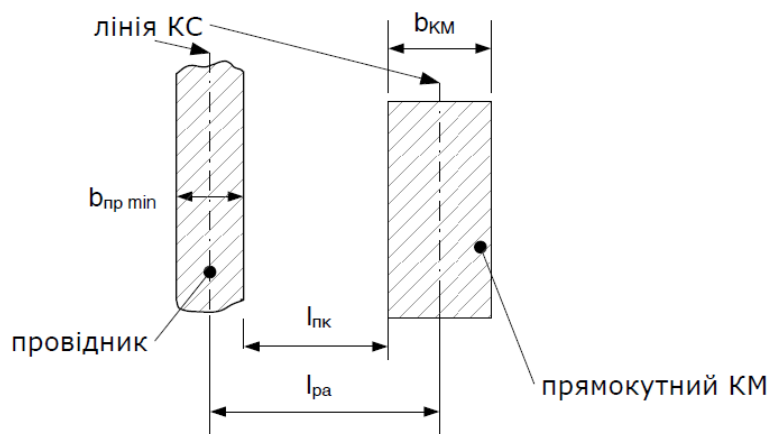


Рисунок 4.2 – Друкований провідник та контактний майданчик SMD компоненту з позначеннями відповідних розмірів

$$l_{пк} = l_{ра} - \left(\frac{b_{км}}{2} + \delta_{км} + \frac{b_{пр min}}{2} + \delta_{сп} \right) \quad (4.11)$$

Тобто формула аналогічна.

$$l_{пк} = 0.9 - \left(\frac{1}{2} + 0.05 + \frac{0.25}{2} + 0.05 \right) = 0.175$$

Визначимо мінімальну відстань між двома сусідніми провідниками (між краями провідників)

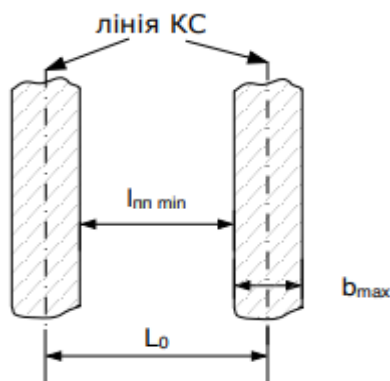


Рисунок 4.3 – Розміщення двох друкованих провідників з позначеннями відповідних розмірів

$$l_{пп min} = L_0 - (b_{max} + 2\delta_{сп}), \quad (4.12)$$

Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

ДК62.468222.001ПЗ

Арк.

48

де L_0 – відстань між центрами друкованих провідників, що є кратним кроку КС,
 $L_0 = 0.5$ мм.

$$l_{\text{пп min}} = 0.5 - (0.25 + 2 * 0.05) = 0.15 \text{ мм}$$

Визначимо мінімальну відстань між двома контактними майданчиками

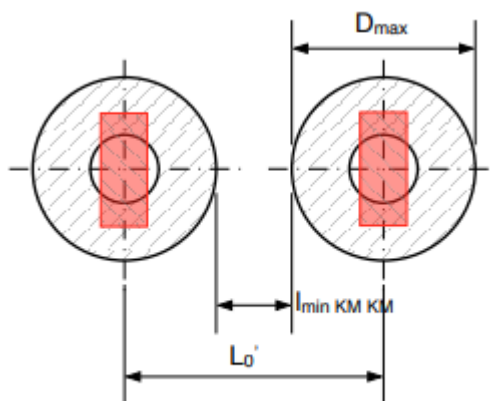


Рисунок 4.4 – Розміщення двох контактних майданчиків з позначеннями відповідних розмірів

$$l_{\text{КМ min}} = L'_0 - (D_{\text{max}} + 2\delta_{\text{КМ}}), \quad (4.13)$$

де L'_0 – відстань між центрами сусідніх КМ, $L'_0 = 2$ мм.

$$l_{\text{КМ min}} = 2.5 - (1.67 + 2 * 0.05) = 0.23 \text{ мм}$$

Для SMD елементів:

$$l_{\text{КМ min}} = L'_0 - (D_{\text{max}} + 2\delta_{\text{КМ}}), \quad (4.14)$$

де L'_0 – відстань між центрами сусідніх КМ, $L'_0 = 1.2$ мм;

D_{max} – ширина контактного майданчику, мм.

$$l_{\text{КМ min}} = 1.2 - (1 + 2 * 0.05) = 0.1 \text{ мм}$$

4.2 Електричний розрахунок друкованої плати

Зі зменшенням геометричних розмірів конструктивних елементів та зі збільшенням щільності їх розташування між сигнальними провідниками виникає

ємнісний та індуктивний зв'язок. При перемиканні елементів по сигнальним ланцюгам протікають високочастотні імпульсні струми з крутими фронтами, які внаслідок наявності паразитних зв'язків наводять на сусідніх сигнальних провідниках перешкоди. Останні при певних умовах викликають помилкове спрацювання дискретних елементів. Необхідно, щоб значення перешкод не перевищували допустимої межі.

Вплив ємності та індуктивності сигнального зв'язку виражається в затримці вмикання схем. Час затримки визначається струмом, опором навантаження та опором сигнального провідника.

Визначення падіння напруги на самому довгому друкованому провіднику

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається:

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho * I_{\text{max}} * l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} * t_{\text{пр}}}, \quad (4.15)$$

де ρ – питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП, $\rho = 0.0175 \text{ Ом} * \text{мм}^2 / \text{м}$;

I_{max} – струм в провіднику, А;

$l_{\text{пр}}$ – максимальна довжин друкованого провідника, м;

$t_{\text{пр}}$ – товщина провідника, мм;

$b_{\text{пр}}$ – ширина найдовшого друкованого провідника, мм.

Максимальна довжина друкованого провідника взята з Altium Designer.

$l_{\text{пр}} = 84.4 \text{ мм}$.

$$U_{\text{пад}} = \frac{0.0175 * 145.45 * 10^{-3} * 84.4 * 10^{-3}}{0.3 * 0.097} = 0.007 \text{ В}$$

Розраховане падіння напруги не перевищує 5% (0.165 В) від напруги, на даному провіднику ($U = 3.3 \text{ В}$), проте для мінімізації таких падінь напруги,

провідник розширюється (з 0.3 до 0.5 мм) при виході на більш простору частину плати.

Визначення потужності втрат двосторонньої друкованої плати

Потужність втрат визначається

$$P_{\text{втрат}} = 2\pi f * C * E_n^2 * tg\sigma, \quad (4.16)$$

де $f = 1$, тому що розрахунок ведеться на постійному струмі;

C – ємність друкованої плати, Ф;

$tg\sigma$ – тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу друкованої плати, $tg\sigma = 0.002$.

$$C = \frac{0.009 * \varepsilon * S_m}{h}, \quad (4.17)$$

де ε – діелектрична проникність, $\varepsilon = 4.5$ для FR4;

S_m – площа металізації, мм²;

h – товщина друкованої плати, мм.

Величину площі металізації взято з Altium Designer, та переведено з дюймів квадратних в сантиметри квадратні. $S_m = 147.48 \text{ см}^2 = 14748 \text{ мм}^2$.

$$C = \frac{0.009 * \varepsilon * S_m}{h} = \frac{0.009 * 4.5 * 14748}{1.5} = 400 \text{ нФ}$$

$$P_{\text{втрат}} = 2\pi f * C * E_n^2 * tg\sigma = 2 * 3.14 * 400 * 10^{-6} * 12^2 * 0.002 == 723,5 \text{ мкВт}$$

Визначення ємності між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину

$$C = 0.12 * \varepsilon * l_{\text{пр}} \left[\lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1}, \quad (4.18)$$

де S – відстань між двома паралельними провідниками, мм;

$b_{\text{пр}}$ – ширина друкованого провідника, мм;

$t_{\text{пр}}$ – товщина друкованого провідника, мм;

$l_{\text{пр}}$ – довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників, мм.

$$C = 0.12 * \varepsilon * l_{\text{пр}} \left[\lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} = 0.12 * 4.5 * 46.52 \left[\lg \frac{2 * 0.4}{0.5 + 0.097} \right]^{-1} \\ = 197.62 \text{ пФ}$$

Визначення взаємної індуктивності двох паралельних друкованих провідників однакової довжини

$$M = 0.02 \left(l_{\text{пр}} \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}} \right), \quad (4.19)$$

де $l_{\text{пр}}$ – довжина перекриття паралельних провідників, см;

L_0 – відстань між осьовими лініями двох паралельних провідників, см.

$$M = 0.02 \left(l_{\text{пр}} \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}} \right) = \\ = 0.02 \left(4.652 * \lg \frac{\sqrt{4.652^2 + 0.09^2} + 4.652}{0.09} - \sqrt{4.652^2 + 0.09^2} + 4.652 \right) = 0.19 \text{ нГн}$$

Отримані значення паразитної ємності ($C = 197.62 \text{ пФ}$) та взаємної індуктивності ($M = 0.19 \text{ нГн}$) дозволяють стверджувати, що на працездатність схеми вони не впливають.

4.3 Розрахунок надійності друкованої плати

Найбільш точна кількісна міра надійності кожного конструктивного елементу – його індивідуальне напрацювання до моменту виникнення відмови.

На практиці ж достатньо повна характеристика надійності – щільність розподілення часу безвідмовної роботи даного типу КЕ $f(t)$ та інтенсивність відмов $\lambda(t)$. Функції $f(t)$ та $\lambda(t)$ визначаються експериментально. При цьому період нормальної експлуатації для ІС характеризується високою надійністю. Тоді величини $f(t)$ та $\lambda(t)$ зв'язані відношенням:

$$f(t) = \lambda^{-\lambda t} \quad (4.20)$$

Знаючи $f(t)$ та $\lambda(t)$, можна визначити інші кількісні характеристики надійності протягом часу від 0 до t

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t} \quad (4.21)$$

Важлива характеристика надійності – середній час безвідмовної роботи визначається

$$T_{\text{ст}} = \frac{1}{\lambda} \quad (4.22)$$

Інтенсивність відмов ЕРЕ є їх вихідною характеристикою надійності, залежить від режиму роботи та степені тяжкості таких зовнішніх впливів, як температура, тепловий удар, вологість, вібрації і т.д.

Тоді можна записати

$$\lambda_e = \lambda_{0e} * K_1 * K_2 * \dots * K_n, \quad (4.23)$$

де λ_{0e} – інтенсивність відмов елементу при нормальних умовах роботи (температура навколишнього середовища $T_{\text{навк.серед.}} = 20 \pm 5^\circ\text{C}$, відносна вологість $65 \pm 15\%$, коефіцієнт електричного навантаження $K_H = 1$, $K_1 * K_2 * \dots * K_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують режими роботи та умови експлуатації.

Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження $K_H = \frac{H_{\text{роб}}}{H_{\text{ном}}}$, що дорівнює відношенню навантаження в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі.

Коефіцієнт навантаження для резисторів будемо брати за найгіршим випадком – обмежуючий резистор для світлодіода:

$$K_{HR} = \frac{P_{роб}}{P_{ном}} \quad (4.24)$$

$$K_{HR} = \frac{0.03}{0.125} = 0.24$$

для конденсаторів найгірший випадок це конденсатори на вхідну напругу живлення 12 В:

$$K_{HC} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}} = \frac{12}{25} = 0.48$$

Всі інші конденсатори працюють під напругою 1.3 – 5 В

$$K_{HC} = \frac{5}{25} = 0.2$$

для діода 1N4001:

$$K_{HVD} = \frac{I_{роб}}{I_{ном}} = \frac{145 * 10^{-3}}{1} = 0.145$$

Для інших діодів розраховувати коефіцієнт навантаження немає сенсу, адже вони забезпечують скидання зайвої напруги при роботі з напругою вищою за розраховане значення. При звичайній роботі плати, струм через них не протікає.

для світлодіодів:

$$K_{HHL} = 1$$

Оскільки струмообмежуючі резистори розраховано таким чином, щоб струм через світлодіод відповідав номінальному значенню наведеному у документації.

Коефіцієнт навантаження для всіх інших елементів взято за одиницю.

Визначаємо результуючу інтенсивність відмов друкованого вузлу. Друкований вузол відноситься до наземної апаратури, експлуатується при нормальних умовах експлуатації. Вихідні дані для розрахунку λ_p – схема

принципова, перелік елементів, часова діаграма та інтенсивність відмов “компонентів надійності” від температурних впливів.

По картам робочих режимів визначаємо коефіцієнти навантаження, температурні коефіцієнти ІС та інших ЕРЕ, підраховуємо кількість всіх елементів.

Вихідні дані для визначення λ_p взяті з [12] та занесені до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Вихідні дані для розрахунку λ_p

Компонент	N	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-7}, \text{год}^{-1}$	K_H	a_t	a_e	$N\lambda_{0e}K_Ha_t a_e \cdot 10^{-7}$
Конденсатор керамічний 12 В	3	0,22	0,48	0,15	20	0,95
Конденсатор керамічний 5 В	22	0,22	0,2	0,1	20	1,94
Конденсатор електролітичний	3	1,73	0,6	0,3	20	18,68
Резистор	62	0,2	0,24	0,6	20	35,71
Діод	1	1,62	0,145	0,01	20	0,047
Світлодіод	5	0,34	1	1	20	34,00
ІС	11	0,23	1	1	20	50,60
Перемикач	2	1	1	1	20	40,00
Друкована плата	2	0,01	1	1	20	0,40
Контакт роз'єму	26	0,2	0,1	1	20	10,40
Перехідні отвори	138	0,000265	1	1	20	0,73
Пайка хвилею	519	0,00069	1	1	20	7,16
Сумарна інтенсивність відмов друкованого вузлу						200,62

В таблиці: a_e – поправочний коефіцієнт щодо зовнішніх впливів (для наземної стаціонарної апаратури $a_e = 20$), a_t – поправочний температурний коефіцієнт [13].

Результуюча інтенсивність відмов дорівнює сумі інтенсивностей відмов компонентів:

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} = 200.62 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{200.62 \cdot 10^{-7}} \approx 49844 \text{ год}$$

Ймовірність безвідмовної роботи протягом року:

$$P = e^{-\lambda_p t} = e^{-200.62 \cdot 10^{-7} \cdot 8760} = 0.84$$

Ймовірність відмов протягом року:

$$Q(t) = 1 - 0.84 = 0.16$$

Графік залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу представлені на наступному графіку рис.4.5.

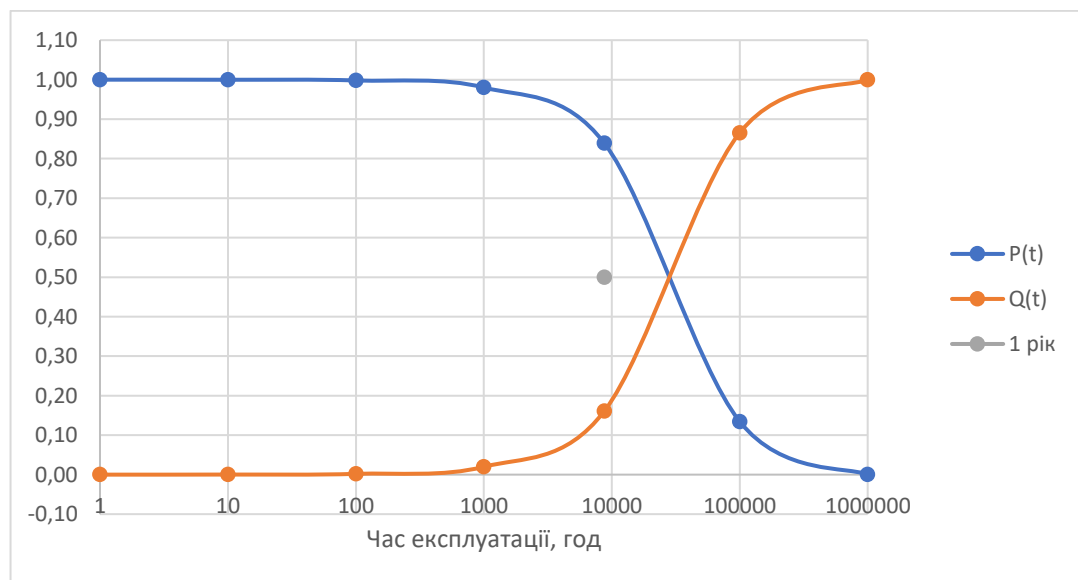


Рисунок 4.5 – Графік залежності безвідмовної роботи та ймовірності відмов друкованого вузлу

4.4 Розрахунок віброміцності друкованої плати

Питома вага матеріалу плати FR4 дорівнює $\rho = 1850 \text{ кг/м}^3$. Отже, маса плати:

$$m_{\pi} = 0,115 \cdot 0,145 \cdot 0,0015 \cdot 1850 = 0,04627 \text{ кг}$$

Маси елементів друкованого вузлу занесено до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Маси елементів друкованого вузлу

Елемент	Кількість	Маса, г	Загальна маса, г
Конденсатори керамінчі	25	0.01	0.25
Конденсатори електролітичні	3	2.00	6.00
Резистори	62	0.01	0.62
Світлодіоди	5	0.01	0.05
LM317D2T-TR	3	2.50	7.50
EP4K10K100-1	1	0.15	0.15
EP2C5T144C8N	1	8.00	8.00
TLA2021	3	0.10	0.30
MCP6544T-I/ST	1	0.20	0.20
BU4810G-TR	1	0.30	0.30
LCD дисплей	1	28.00	28.00
Кнопка	1	0.30	0.30
Перемикач	1	4.00	4.00
Діоди	18	0.01	0.18
Діод 1n4001	1	1.00	1.00
PLS-14	1	0.80	0.80
302-S101	1	0.80	0.80
Terminal block	1	2.60	2.60
CB3LV-3I-50M0000	1	0.25	0.25
Загальна маса:			61.30

Розміри плати: $a \times b \times \delta = 115 \times 145 \times 1,5$ мм.

Параметри FR4:

- гранична пластичність: $\sigma_T = 415$ МПа;
- модуль Юнга: $E = 24$ ГПа;
- коефіцієнт Пуассона: $\mu = 0,118$;
- показник затухання: $\varepsilon = 0,06$;
- питома щільність: $\nu = 18500 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$;
- коефіцієнт перенавантаження: $n = 8$;
- коефіцієнт запасу міцності: $n_1 = 2$.

Варіанти закріплення друкованих плат:

<p>Спирання на 4 сторони</p> 	$\alpha = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)$
<p>Спирання на 3 сторони</p> 	$\alpha = \pi^2 \cdot \sqrt{0,43 \cdot \frac{a^2}{b^2} + \frac{a^4}{b^4}}$
<p>Спирання на 3 сторони</p> 	$\alpha = \pi^2 \cdot \sqrt{1 + 0,43 \cdot \frac{a^2}{b^2}}$
<p>Жорстке закріплення по 4 сторонам</p> 	$\alpha = 22,37 \cdot \sqrt{1 + 0,61 \cdot \frac{a^2}{b^2} + \frac{a^4}{b^4}}$

Рисунок 4.6 – Варіанти закріплення друкованої плати, та формули розрахунку коефіцієнта α

Обраний варіант закріплення друкованої плати – спирання на 4 сторони (рис.4.7).

<p>Спирання на 4 сторони</p> 	$\alpha = \pi^2 \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right)$
--	---

Рисунок 4.7 – Обраний тип закріплення друкованої плати

Визначимо коефіцієнт K_B :

$$K_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_e}{m_{\Pi}}}}, \quad (4.25)$$

де m_e – маса елементів, г;

m_{Π} – маса плати, г.

$$K_B = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{61.3}{46.27}}} = 0.66$$

Визначимо коефіцієнт α , враховуючи вибраний тип закріплення:

$$\alpha = \pi^2 * \left(1 + \frac{a^2}{b^2}\right) = \pi^2 * \left(1 + \frac{115^2}{145^2}\right) = 21.13$$

Циліндрична жорсткість D:

$$D = \frac{E * \delta^3}{12 * (1 - \mu^2)}, \quad (4.26)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона;

δ – товщина плати, м;

E – модуль Юнга, Па.

Розрахуємо циліндричну жорсткість за формулою 4.26:

$$D = \frac{24 * 10^9 * 0.0015^3}{12 * (1 - 0.118^2)} = 6.8453$$

Отже, власна частота коливань плати:

$$f_c = \frac{K_B * \alpha}{2 * \pi * a^2} * \sqrt{\frac{D * g}{v * \delta}}, \quad (4.27)$$

де D – циліндрична жорсткість;

v – питома щільність, $\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$;

g – гравітаційна стала, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

δ – товщина плати, м.

Підставимо значення у формулу 4.27.

$$f_c = \frac{0.66 * 21.13}{2 * \pi * 21.13^2} * \sqrt{\frac{6.8453 * 9.81}{18500 * 0.0015}} = 261.2085$$

Оскільки $261.2085 \geq 250$ Гц, то розроблювану друковану плату вважатимемо абсолютно жорсткою. Отже, додаткових засобів підвищення віброміцності не потрібно.

Висновок по розділу

У даному розділі проведено конструкторсько-технологічні розрахунки, що підтверджують правильність прийнятих конструкторських рішень. Визначено мінімальну ширину друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі. Згідно вибраного четвертого класу точності, отримане значення 0.02 мм менше мінімальної ширини провідника 0.15, отже використання мінімальної ширини провідника четвертого класу точності вважається доцільним.

Проведено визначення мінімальної ширини провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги. Хоча розраховане значення 3.7 мкм вказує на те, що падіння напруги, на провідниках даної конфігурації, малоймовірні, все одно, ланцюги живлення та «землі» вирішено під'єднати за допомогою полігонів. Це зменшить падіння напруги до мінімуму, а у разі необхідності, дасть можливість безперешкодно протікати великим струмам.

Визначено номінальний діаметр монтажного отвору для діода 1N4001, визначено мінімальну ширину провідника, визначено мінімальну відстань між двома контактними майданчиками. Всі розрахунки підтверджують правильність вибору четвертого класу точності.

Визначено падіння напруги на самому довгому друкованому провіднику. Значення падіння напруги відповідає 0.007 В. Розраховане падіння напруги не перевищує 5% (0.165 В) від напруги, на даному провіднику ($U = 3.3$ В), проте для мінімізації таких падінь напруги, провідник розширюється (з 0.3 до 0.5 мм) при виході на більш простору частину плати.

Визначено потужності втрат двосторонньої друкованої плати. Значення втрат 723,5 мкВт – втрати не суттєві.

Визначено ємність та індуктивність між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину. Значення взаємної ємності 197.62 пФ, індуктивності 0.19 нГн. Можна стверджувати, що дані значення не впливатимуть на роботу пристрою.

					ДК62.468222.001ПЗ	Арх.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		60

Розраховано надійність друкованої плати. середній час безвідмовної роботи становить 49844 год. Дане значення задовольняє поставленим вимогам у ТЗ. Ймовірність безвідмовної роботи протягом року 0.84, ймовірність відмов протягом року 0.16. Також побудовано графіки ймовірності відмови та безвідмовної роботи пристрою, на який окремим кружечком позначено перший рік роботи пристрою.

					ДК62.468222.001ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		61

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. МОДЕЛЮВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ ПРИЛАДУ

5.1 Написання та синтез коду

В даному пункті написано код реалізації приладу. Код написано на мові опису апаратури – *Verilog*, яка використовується для опису та моделювання електронних схем.

Опис портів вводу/виводу

Пристрій працює приймаючи та аналізуючи вхідні (сигнали) дані з датчиків, та надсилаючи контролюючі (вихідні) сигнали.

Розрядність вхідних портів взаємодії:

- Датчик обертів двигуна/вихідного валу коробки передач – 1 bit;
- Термометр – 16 bit;
- Селектор – 4 bit.

Розрядність вихідних портів взаємодії:

- Швидкість автомобіля – 8 bit;
- Швидкість обертання валу двигуна – 14 bit;
- Контролюючий сигнал обігрівача/кондиціонера – 16 bit;
- Поточна передача двигуна – 3 bit.

Для початку скомпілюємо проект та розглянемо результати компіляції рис.5.1 нижче.

Загальна кількість логічних елементів – 4 491.

Загальна кількість використаних контактів – 191.

Embedded Multiplier 9-bit elements – 4.

Flow Summary	
Flow Status	Successful - Sun Dec 22 18:31:24 2019
Quartus II 64-Bit Version	13.0.1 Build 232 06/12/2013 SP 1 SJ Web Edition
Revision Name	project_1
Top-level Entity Name	lcdlab3
Family	Cyclone II
Device	EP2C35F672C6
Timing Models	Final
Total logic elements	4,491 / 33,216 (14 %)
Total combinational functions	4,480 / 33,216 (13 %)
Dedicated logic registers	364 / 33,216 (1 %)
Total registers	364
Total pins	191 / 475 (40 %)
Total virtual pins	0
Total memory bits	0 / 483,840 (0 %)
Embedded Multiplier 9-bit elements	4 / 70 (6 %)
Total PLLs	0 / 4 (0 %)

Рисунок 5.1 – Результат компіляції коду

Загалом, пристрій складається з чотирьох блоків: speedometer, climat, engine_ctrl, engine_speedometer.

Опис блоків.

Speedometer – на вхід приймає: i_pulse, i_clk, i_rstn; на виході: speed.

Принцип роботи: рахує інтервали часу між імпульсами сигналу i_pulse, та відповідно до інтервалів розраховує поточне значення швидкості speed.

Climat – на вхід приймає i_rstn, i_clk, i_temp, i_stat_temp; на виході: heating, cooling.

Принцип роботи: блок клімат-контролю проводить постійну перевірку поточного значення температури i_temp в автомобілі, порівнюючи дане значення зі значенням заданим користувачем i_stat_temp. Якщо значення відрізняються, даний блок посиляє керуючі сигнали heating та cooling для включення відповідно підігріву чи охолодження.

Engine_ctrl – на вхід приймає i_rstn, i_clk, half_sec, i_selector, speed, i_engine_speed; на виході: o_gear.

Принцип роботи: Даний блок проводить постійну перевірку поточного значення швидкості автомобіля speed та швидкості обертів двигуна i_engine_speed,

5.3 Реалізація прототипу приладу

Прототип приладу розроблено та запущено на платі Altera DE2 Board. Для тестування прототипу до пристрою було підключено відлагоджувальну плату Nucleo-F411RE, що емулює роботу датчиків обертів двигуна та вихідного валу коробки передач.

До Nucleo-F411RE підключено три тактові кнопки:

1. Плюс – збільшує кількість об/хв на 500 або швидкість км/год на 5 в залежності від режиму;
2. Мінус – збільшує кількість об/хв на 500 або швидкість км/год на 5 в залежності від режиму;
3. Переключення режиму – переключає режим зміни об/хв або км/год.

Обмеження обертів за хвилину: від 0 до 4000.

Обмеження швидкості: від 0 до 100.

Для відображення поточної швидкості автомобіля та швидкості обертів двигуна, які емулює відлагоджувальна плата, до неї підключено OLED дисплей, на який відповідна інформація виводиться у цифровому вигляді.

Стосовно емуляції роботи датчиків обертів. Оскільки датчики в автомобілі надсилають імпульси, які в свою чергу обробляє блок управління, плата Nucleo-F411RE також надсилає імпульси з визначеною частотою, що залежить від налаштованої, за допомогою кнопок, швидкості автомобіля/швидкості обертів двигуна.

Також реалізовано зворотній зв'язок з пристроєм. При перемиканні передачі пристрій надсилає сигнал на відлагоджувальну плату, яка в свою чергу зменшує або збільшує швидкість обертів двигуна на 1000, в залежності від того, передачу включено вищу, чи нижчу відповідно.

На рис.5.9 зображено зібраний прототип пристрою.

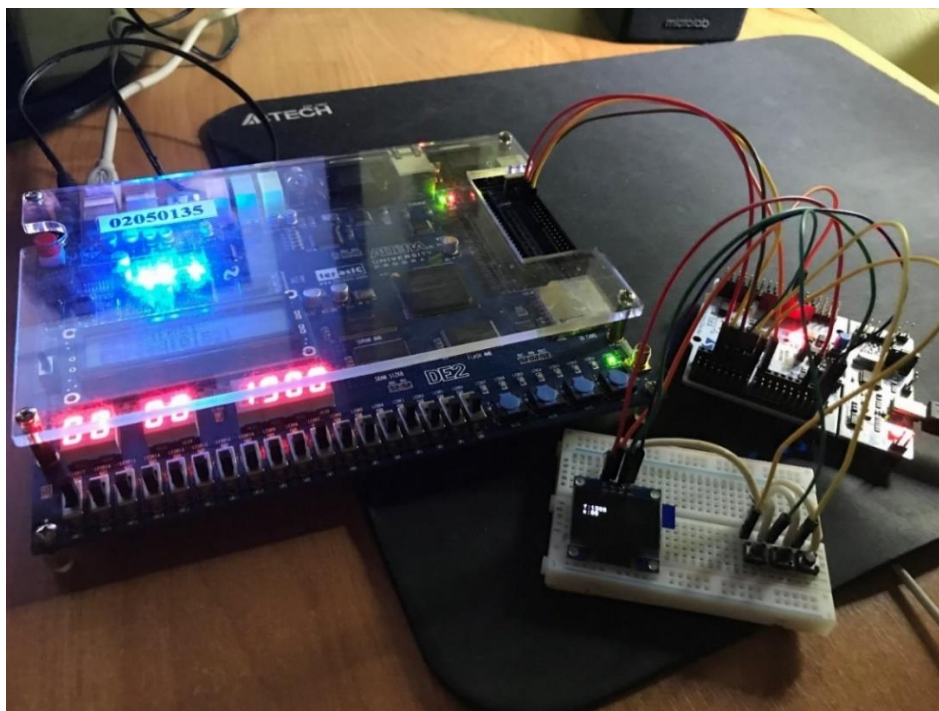


Рисунок 5.9 – Зібраний прототип пристрою

На рис.5.11-5.12 Можна спостерігати параметри задані на відлагоджувальній платі, та ті самі параметри, які було обчислено приладом.

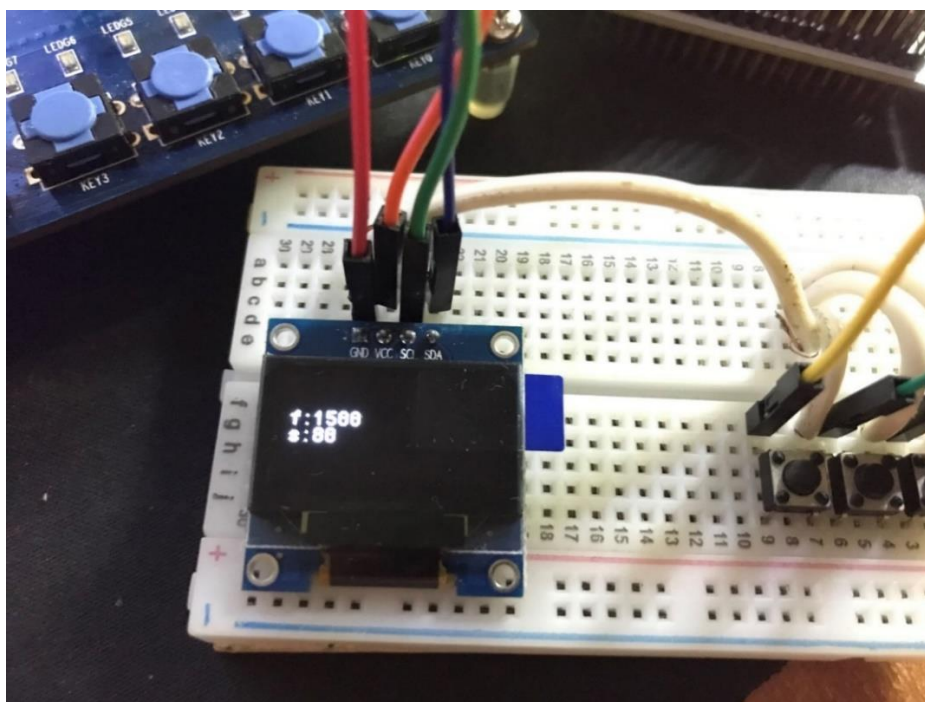


Рисунок 5.10 – Значення швидкості обертів двигуна та швидкості автомобіля налаштовані на відлагоджувальній платі

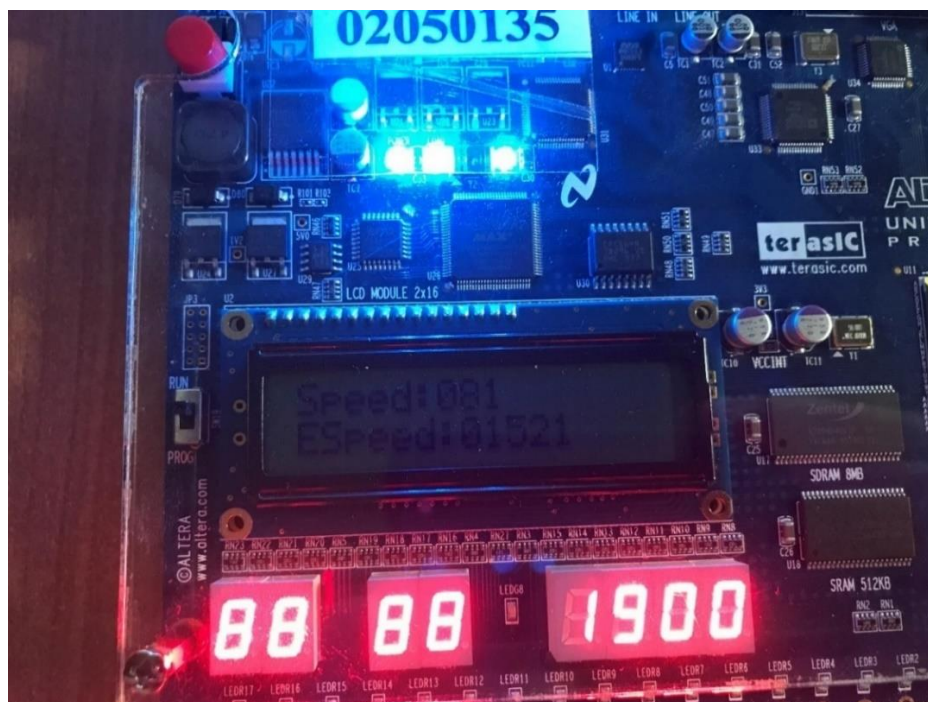


Рисунок 5.11 – Значення швидкості обертів двигуна та швидкості автомобіля підраховані приладом

5.4 Використання SignalTap II Logic Analyzer

В даному підрозділі розглянуто аналіз роботи блоків за допомогою утиліти SignalTap II Logic Analyzer [15].

Аналіз блоку клімат-контролю

В початковий момент часу значення температури навколишнього середовища та значення виставлене на термостаті збігалися. В деякий момент часу температуру на термостаті змінили таким чином, щоб вона була нижча за температуру в автомобілі на 0.75°C . Результат можна спостерігати на рис.5.13.

Name	-2048	-1024	0	1024	2048	3072	4096	5120	6144	7168
at_mneed_cool_reg										
climat_mcooling		0								75

Рисунок 5.12 – Ввімкнення кондиціонера

З рисунку видно, що сигнал need_cool_reg перейшов в рівень логічної одиниці, тобто необхідно ввімкнути кондиціонер. А значення, яке надходить на кондиціонер (його можна розглядати як потужність роботи кондиціонеру)

дорівнює 75 – це я є різниця між значенням температури на термостаті та температурою навколишнього середовища.

Далі ручку термостата встановлено в таке положення, щоб температура на термостаті була на 2.25°C більша за температуру в автомобілі. Аналогічно можна подивитися на значення при ввімкненні обігріву:

ne	-2048	-1024	0	1024	2048	3072	4096	5120	6144	7168	8192
t_m heating	0			225							
lneed_heat_reg											

Рисунок 5.13 – Ввімкнення обігріву

Аналіз блоку керування автоматичною коробкою передач

На наступному рисунку можна спостерігати момент переключення між третьою та четвертою передачею. Видно що переключення відбулося при досягненні швидкості $o_seed = 81$ км/год, швидкість обертів двигуна при цьому була $engine_speed = 3194$ об/хв. Також можна спостерігати процес негативного зворотного зв'язку, а саме падіння обертів двигуна після переключення передачі.

	-2048	-1024	0	1024	2048	3072	4096	5120	6144	7168	8192
rl_m o_gear	3			4							
meter_m o_speed				81							
engine_speedometer_m...	3194			2732							

Рисунок 5.14 – Переключення передачі

Висновок по розділу

У даному розділі розглянуто синтез коду розроблюваного пристрою. Код написано на мові Verilog, синтезований пристрій займає 4 491 логічний елемент. Наступним етапом розглянуто блок-схему синтезованого пристрою. Ключовими є чотири блоки: speedometer, climat, engine_ctrl, engine_speedometer. Описано вхідні та вихідні сигнали кожного блоку, та коротко розглянуто принцип роботи кожного з них.

Після чого проведено моделювання роботи блоку engine_ctrl у середовищі Modelsim. Під час симуляції розглянуто перемикавання на вищу та на нижчу передачі, зі скріншотів добре видно порогові значення швидкості автомобіля та швидкості обертів двигуна, при досяганні яких, коробка передач перемикається на

наступну передачу. Також на симуляції відображено ефект зворотного зв'язку, коли, після переключення передачі, швидкість обертів двигуна стрибково змінюється.

Розглянуто реалізацію прототипу приладу. Прототип приладу розроблено та запущено на платі Altera DE2 Board. Для тестування прототипу до пристрою підключено відлагоджувальну плату Nucleo-F411RE, що емулює роботу датчиків обертів двигуна та вихідного валу коробки передач. На знімках видно яким чином плати підключені одна до одної, та яким чином вони обмінюються інформацією.

Останнім етапом проведено аналіз приладу за допомогою SignalTap II Logic Analyzer, який дозволяє відлагоджувати розроблювані прилади в реальному часі. За допомогою даної утиліти можна налаштувати тригер для запису даних; у якій кількості і які саме дані буде зафіксовано. Роботу з даною утилітою продемонстровано на прикладі аналізу блоків climat та engine_ctrl.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано прилади для діагностики систем автомобіля, такі як: ELM327, Delphi DS 150 CARS, Сканматик 2. Кожен з яких має декілька протоколів для взаємодії, можливість відображати поточні показники (швидкість, швидкість обертів двигуна і т.д.) в реальному часі, навіть у виді графіків.

Усі проаналізовані аналоги отримують та оброблюють дані з ЕБК автомобіля, тому для кожного з цих приладів притаманний один великий недолік – некоректна робота ЕБК. Тому для розробки обрано наступний підхід – розроблюваний прилад має аналізувати дані які поступають на ЕБК, працюючи паралельно з ним, а не послідовно. Це дасть можливість аналізувати дані безпосередньо з блоків керування чи з датчиків.

Розроблено структурну схему пристрою. Пристрій виконує функції електронного спідометра і тахометра, клімат-контролю, блоку керування автоматичною коробкою передач з можливістю відображати поточні параметри системи за допомогою світлодіодів та символного екрану.

Реалізація приладу на FPGA дозволяє гнучко змінювати параметри та внутрішню будову приладу під час розробки, а також дозволить кінцевому продукту змінювати свій принцип роботи та внутрішню будову в залежності від завантаженої прошивки. Для всіх елементів схеми зроблено необхідні розрахунки.

Обрано тип та матеріал друкованої плати, а саме FR4-2-35-1.5 – двостороння друкована плата з товщиною фольги 35 мкм, та товщиною ДП 1,5 мм. В якості методу виготовлення обрано комбінований позитивний метод. Клас точності – четвертий, для комфортного трасування мікросхем, та забезпечення можливості провести провідник між контактними майданчиками таких компонентів.

Виконано розміщення та трасування друкованої плати. Проектування друкованої плати проведено у Altium Designer. Результат розробки друкованого вузлу викладено у ДК62.468222.001ЕЗ, ДК62.468222ПЕЗ, ДК62.750706.001СК, ДК62.750706.001СП ДК62.758726.001.

Проведено конструкторсько-технологічні розрахунки, що підтверджують правильність прийнятих конструкторських рішень. Визначено мінімальну ширину

ДК62.468222.001ПЗ					Арк.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	71

друкованого провідника по постійному струму для ланцюгів живлення та землі. Згідно вибраного четвертого класу точності, отримане значення 0.02 мм менше мінімальної ширини провідника 0.15, отже використання мінімальної ширини провідника четвертого класу точності вважається доцільним.

Визначено мінімальну ширину провідника з урахуванням допустимого падіння на ньому напруги. Визначено номінальний діаметр монтажного отвору для діода 1N4001, визначено мінімальну ширину провідника, визначено мінімальну відстань між двома контактними майданчиками. Всі розрахунки підтверджують правильність вибору четвертого класу точності.

Визначено потужності втрат двосторонньої друкованої плати. Значення втрат 723,5 мкВт – втрати не суттєві.

Визначено ємність та індуктивність між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину. Значення взаємної ємності 197.62 пФ, індуктивності 0.19 нГн. Можна стверджувати, що дані значення не впливатимуть на роботу пристрою.

Розраховано надійність друкованої плати. середній час безвідмовної роботи 49844 год. Дане значення задовольняє поставлений меті у ТЗ. Ймовірність безвідмовної роботи протягом року 0.84, ймовірність відмов протягом року 0.16.

Розглянуто синтез коду розроблюваного пристрою. Код написано на мові Verilog, синтезований пристрій займає 4 491 логічний елемент. Після чого проведено моделювання роботи блоку engine_ctrl у середовищі Modelsim. Також розглянуто реалізацію прототипу приладу. Прототип приладу розроблено та запущено на платі Altera DE2 Board. Для тестування прототипу до пристрою підключено відлагоджувальну плату Nucleo-F411RE, що емулює роботу датчиків обертів двигуна та вихідного валу коробки передач.

За результатами проектування зроблено доповіді на трьох конференціях:

- Міжнародна науково-технічна XIII конференція молодих вчених «Електроніка – 2020»;
- X Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасний рух науки»;

– «Молодіжна наукова ліга» м. Харків.

Все це дає можливість стверджувати, що завдання до дипломного проекту виконано у повному обсязі

.

					ДК62.468222.001ПЗ	Арк.
Змін.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		73

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. What is a Car Diagnostic Test & How to DIY. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.nonda.co/blogs/news/what-is-a-car-diagnostic-test>
2. Компьютерная диагностика электроники авто. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://amastercar.ru/automaster/komp_diagnostika.shtml
3. ELM327 OBD2 Interface Adapter. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://interfusellc.com/elm327/>
4. OBD2 Bluetooth installation manual. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://fccid.io/R6AELM327/User-Manual/User-Manual-1878590.pdf>
5. Delphi DS150 Diagnostic Tester. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.hickleys.com/diagnostics/delphids150.php>
6. Автомобильный диагностический прибор СКАНМАТИК-2 Руководство по эксплуатации. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://scanmatik.ru/downloads/Scanmatik2.pdf>
7. GRM1885C1H102FA01J. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.digikey.com/product-detail/en/murata-electronics/GRM1885C1H102FA01J/490-6377-1-ND/3845574>
8. 08055A202GAT2A. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.digikey.com/product-detail/en/avx-corporation/08055A202GAT2A/478-10581-1-ND/6797127>
9. Схемы активных фильтров. Активные RC фильтры. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://digteh.ru/Sxemoteh/filtr/RC/>
10. Многослойные печатные платы. Первые шаги в освоении операции пресования. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: https://www.tech-e.ru/2010_3_28.php
11. Методы виготовлення друкованих плат. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://studopedia.org/6-116440.html>
12. Савельев Л. Я. Овчинников В. Л. Конструирование ЭВМ и систем: Учебник для техн. вузов по спец. «Электрон. выч. маш.» — М.: Высш. шк., 1984. – 248с.

13. Е.М. Парфенов Э.Н. Камышная В.П. Усачев ПРОЕКТИРОВАНИЕ
КОНСТРУКЦИЙ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ: Учебное пособие
для высших учебных заведений – М.: Радио и связь, 1989 – 272с.
14. ModelSim PE Student Edition. [Электронный ресурс] – режим доступа до
ресурсы: https://www.mentor.com/company/higher_ed/modelsim-student-edition
15. About the SignalTap II Logic Analyzer. [Электронный ресурс] – режим доступа
до ресурсу: https://www.intel.com/content/www/us/en/programmable/quartushelp/13.0/mergedProjects/program/ela/ela_view_using.htm
16. ДИАГНОСТИКА СОВРЕМЕННОГО АВТОМОБИЛЯ / Храпов Ю.Н.,
Успенский И.А., Кокорев Г.Д.; Политематический сетевой электронный
научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, 2016.
17. Диагностика электронных систем автомобиля / Яковлев В. Ф.; СОЛОН-Пресс,
2003, 272 с.

ГОСТ 23.751-86 ПЛАТЫ ПЕЧАТНЫЕ Основные параметры конструкции.

ГОСТ 21000-81 ЛИСТЫ ФТОРОПЛАСТОВЫЕ НЕАРМИРОВАННЫЕ И
АРМИРОВАННЫЕ ФОЛЬГИРОВАННЫЕ.

ГОСТ 12.2.007-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия
электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия.
Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия
эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических
факторов внешней среды.

ДОДАТОК А

Технічне завдання на проектування

1. Найменування та галузь використання

Пристрій для перевірки електронних систем автомобіля. Пристрій належить до систем тестування електронних систем автомобіля, та може бути використаний як на спеціалізованих автосервісах так і у домашніх умовах.

Даний прилад дозволяє контролювати справність блоку керування автоматичною коробкою переключення передач та блоку клімат-контролю шляхом порівняння аналізованих даних з еталонними.

2. Підстава для розробки

Підставою для розробки є завдання на дипломний проект.

3. Мета і призначення розробки

Метою даної роботи є проектування пристрою, що має можливість зчитувати показники датчиків обертів, положення ручки селектора коробки передач, температурного датчику, показники терморегулятора та відповідно до зчитаних даних відображати еталонні показники блоку керування автоматичною коробкою передач та блоку клімат-контролю.

4. Джерело розробки

Дана розробка є повністю авторською, тому ніяких джерел розробки використано не було.

5. Технічні вимоги

5.1. Склад виробу й вимоги до пристрою, що розробляється.

Пристрій являє собою моноблочну конструкцію, яка має чотирнадцять контактів для з'єднання з: датчиками температури, терморегулятором, датчиком положення ручки селектора коробки передач, та двома датчиками обертів. Також прилад містить перемикач для керування відображуваною інформацією на символічному екрані. Живлення пристрою має забезпечуватись від джерела живлення на $12\text{ В} \pm 5\%$.

5.2. Показники призначення.

Пристрій повинен забезпечувати:

- цифрову обробку сигналів що надходять від датчиків;
- відображення поточної передачі автоматичної коробки переключення передач за допомогою світлодіодів;
- відображення поточної температури внутрішнього середовища автомобіля або швидкості автомобіля та швидкості обертів двигуна на символічному екрані.

5.3. Вимоги до надійності.

Середній час напрацювання на відмову приладу повинен бути не менше 10000 год.

5.4. Вимоги до технологічності.

Орієнтовані на передові прийоми виготовлення деталей і складання.

5.5. Вимоги до рівня уніфікації й стандартизації.

Для виготовлення пристрою передбачається максимальне застосування стандартних, уніфікованих деталей та виробів.

5.6. Вимоги безпеки обслуговування.

Керуватися загальними вимогами безпеки до апаратури низької напруги ГОСТ 12.2.007-75.

5.7. Вимоги до складових частин виробу, сировини, вихідних та експлуатаційних матеріалів.

Для виробництва пристрою використовують матеріали імпортного та вітчизняного виробництва.

5.8. Умови експлуатації.

Прилад призначений для застосування опалювальних будівлях. Кліматичне виконання УХЛЗ по ГОСТ 15150-69. Експлуатація в закритих приміщеннях без регулювання температурних умов з природною вентиляцією.

5.9. Вимоги до транспортування і зберігання.

Умови зберігання за ГОСТ 15150-69. Зберігати в зачинених, опалювальних та вентильованих приміщеннях, в яких забезпечуються наступні умови: температура

повітря +5...+40°C, відносна вологість повітря 60% при 20°C (середньорічне значення), атмосферний тиск 84...106 кПа.

Транспортувати автомобільним, залізничним або авіаційним видами транспорту в спеціальній транспортній тарі.

5.10. Додаткові технічні вимоги.

Габаритні розміри, мм	не більше 200x200x200
Маса, г	не більше 600

6. Результати роботи

6.1. Результати даної роботи можуть бути використані як вихідна документація по створенню прототипу пристрою, його налагодження й подальшого впровадження в серійне виробництво.

6.2. Дана робота (звітна документація) після виконання надається на кафедру КЕОА для подальшого захисту й зберігання як навчальної документації.

7. Робота повинна містити в собі документи

- Пояснювальну записку (формату А4, до 70 аркушів)
- Схему електричну принципову та перелік елементів (формату А1, А4 відповідно)
- Складальне креслення та специфікацію (формату А1, А4 відповідно)
- Креслення друкованої плати (формату А1)
- Додатки (формату А1-А4)

8. Порядок розгляду й приймання роботи

Порядок розгляду й приймання роботи на загальних умовах, прийнятих на кафедрі КЕОА. Рецензування й прийняття роботи комісією на загальних умовах.

9. Економічні показники

Оскільки розроблюваний прилад являється лише першим прототипом, а не кінцевим варіантом приладу для його подальшого поширення та продажу, для його розробки економічні показники не розглядаються.

10. Етапи розробки

№	Назва етапів виконання дипломного проекту	Дата
1	Аналіз технічного завдання	17.02.20-01.03.20
2	Схемо-технічне проектування	02.03.20-23.03.20
3	Виконання креслення схеми електричної принципової	24.03.20-13.04.20
4	Проектування у Altium Designer	14.04.20-21.04.20
5	Конструкторсько-технологічні розрахунки	22.04.20-01.05.20
6	Електричний розрахунок друкованої плати	02.05.20-16.05.20
7	Виконання креслення друкованої плати	17.05.20-22.05.20
8	Виконання складального креслення друкованого вузла	23.05.20-29.05.20
9	Моделювання у Modelsim	30.05.20-07.06.20
10	Оформлення пояснювальної записки	07.06.20-09.06.20

ДОДАТОК Б
Участь у конференціях



МОЛОДІЖНА
НАУКОВА
ЛІГА

СЕРТИФІКАТ УЧАСНИКА

ОСТРЯНКО ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

ВЗЯВ(-ЛА) УЧАСТЬ У МІЖНАРОДНІЙ СТУДЕНТСЬКІЙ НАУКОВІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ

**НАУКА, ТЕХНОЛОГІЇ, ІННОВАЦІЇ: ТЕНДЕНЦІЇ
РОЗВИТКУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ**

17 КВІТНЯ 2020 РОКУ | М. ХАРКІВ, УКРАЇНА

Конференцію схвалено УКРІНТЕІ (Посвідчення №265 від 19.03.2020)
Матеріали учасника конференції опубліковані та знаходяться у
відкритому доступі на умовах ліцензії CC BY 4.0 за посиланням:
<https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/liga/issue/view/17.04.2020>



ДИРЕКТОР МОЛОДІЖНОЇ НАУКОВОЇ ЛІГИ
ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ
ІГОР КОРЕНЮК



6. Corporation Intel,(2017) “14 Design Debugging with the Signal Tap Logic Analyzer,” Retrieved from. https://faculty-web.msoe.edu/johnsontimof/Common/FILES/qts-qps-5v3_signaltap_17.1.pdf

Острянюк Олександр Володимирович, здобувач вищої освіти факультету електроніки

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ СПРАВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ

Вступ. На сьогоднішній день діагностувати несправність електронної системи можна лише на спеціалізованому автомобільному сервісі, де наявне необхідне устаткування. Проте не секрет, що обслуговування автомобіля на сервісі – задоволення не з дешевих. Окрім того, для проходження обслуговування, необхідно дочекатися своєї черги, яка може звільнитися лише в наступному місяці. Така ситуація змушує відмовитися від несправного автомобіля на цей період часу.

Електронні системи автомобіля. Комплектація автомобіля електронними системами варіюється в залежності від типів машин (автомашини, трактори, комбайни, навантажувачі, тощо). Проте з усіх типів систем до числа обов’язкових можна віднести наступні електронні системи [1]:

- Системи управління електрообладнанням;
- Системи управління двигуном;
- Системи управління трансмісією;
- Системи управління коробкою передач [2]-[4];
- Електронні системи управління підвіскою;
- Системи забезпечення комфорту і мікроклімату [5], [6];
- Системи активної безпеки.

Кожна з цих систем може мати різні конфігурації в залежності від типу автотранспортного засобу.

Структура та опис роботи приладу. Даний прилад слідкує за датчиками обертів двигуна та вихідного валу, положенням селектора коробки передач та температурою в автомобілі. Структурну схему підключення приладу зображено на рис. 1 нижче.

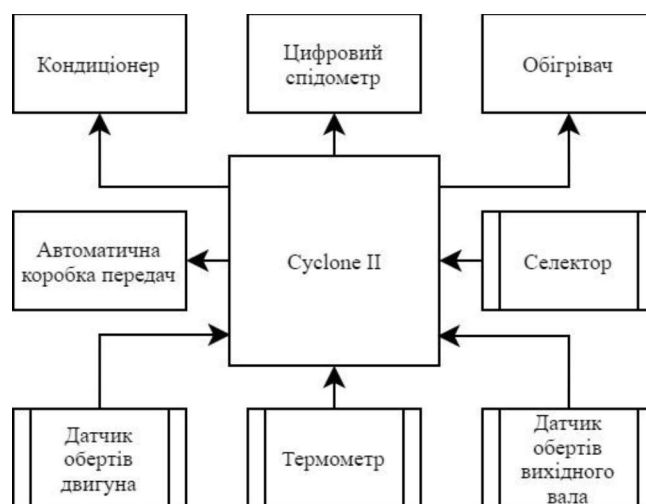


Рис 1. Структурна схема підключення приладу

Прилад виконує наступні функції:

Клімат-контролю: відповідно до поточної температури середовища в автомобілі та значення яке виставлено на термостаті подається сигнал на обігрівач чи кондиціонер, в залежності від різниці між значеннями. У свою чергу сигнал містить у собі інформацію про потужність з якою необхідно підігрівати/охолоджувати повітря [7].

Спідометра: відповідно до частоти імпульсів які надходять з вихідного валу, відбувається перерахунок поточної швидкості автомобіля, з подальшим виводом значення на екран.

Тахометра: аналогічно з принципом роботи спідометра – частота імпульсів з датчика на колінчастому валі перераховується в кількість обертів за хвилину.

Блоку керування автоматичною коробкою переключення передач: відповідно до порогових значень швидкості обертів двигуна та швидкості автомобіля, даний прилад слідкує за поточними значеннями, та відсилає сигнали про перемикання передач.

Симуляція роботи блоку спідометра. Симуляцію роботи було проведено в середовищі Modelsim –багатомовному середовищі моделювання HDL від Mentor Graphics для моделювання мов опису апаратних засобів, таких як VHDL, Verilog і SystemC, і включає вбудований відладчик мови Сі.

Виходячи з опису роботи даного блоку, наведеного вище, можна зробити наступний висновок – чим менша відстань між двома сусідніми вхідними імпульсами, тим більша швидкість автомобіля.

Симуляцію та розрахунок швидкості проведено відповідно до використаного кристалу Cyclone II ep2c35f672c6, з тактовою частотою 50 МГц. Іншими словами, симуляцію проведено відносно реального часу, та реальної роботи приладу.

На рис. 2 нижче зображено весь часовий відрізок симуляції.



Рис 2. Часовий відрізок симуляції

З рисунку видно:

1. Після «ресету» початкове значення швидкості – 1 км/год;
2. Спостерігається найбільша відстань між імпульсами, що відповідає значенню швидкості 49 км/год;
3. Наступний відрізок між імпульсами дещо коротший, відповідно і швидкість більша – 50 км/год;
4. Останній відрізок, найбільш короткий з наведених – 74 км/год.

Симуляція роботи блоку керування автоматичною коробкою переключення передач.

На рис. 3 нижче зображено проведене моделювання в загальному вигляді. На рисунку присутні наступні чотири сигнали:

- i_selector – відповідає за положення ручки селектора коробки передач автомобіля;
- i_speed – відповідає поточній швидкості автомобіля;
- i_engine_speed – відповідає поточній швидкості оборотів двигуна;
- o_gear – відповідає поточній передачі;

Електроніка 2020:

10:00	Секція №3 «Інформаційно-обчислювальні засоби радіоелектронних систем» Керівник секції – д.ф-м.н., проф. Редько І.В.
	1. Алдохін М.Д. МІНІ-МЕТЕОСТАНЦІЯ (МІНІАТЮРНИЙ ПРИСТРІЙ АВТОМАТИЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ, ІНДИКАЦІЇ Й РЕЄСТРАЦІЇ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА) Рекомендація: к.т.н., доц. Корнєв В.П.
	2. Цимбал О.В. МЕТОДИ КОМПЕНСАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ВИХІДНОЇ НАПРУГИ В ДЖЕРЕЛАХ ОПОРНОЇ НАПРУГИ ІНТЕГРАЛЬНИХ МІКРОСХЕМ
	3. Острянко О.В. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛЯ
	4. Довженко Б.І. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ШТУЧНОГО МІКРОКЛІМАТУ ДЛЯ ТВАРИН В ТЕРАРІУМІ

Міжнародний електронний
науково-практичний журнал "WayScience"



Дата проведення:
2-3 квітня 2020 року

СЕРТИФІКАТ

учасника конференції

X Міжнародна науково-практична інтернет-конференція

«СУЧАСНИЙ РУХ НАУКИ»

учасник

Острянко Олександр Володимирович

Тема: «ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ РОБОТИ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЧНОЮ
КОРОБКОЮ ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ ПЕРЕДАЧ ТА КЛІМАТ КОНТРОЛЮ»

Редакція журналу

м. Дніпро (Україна) – 2020 р

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ РОБОТИ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ АВТОМАТИЧНОЮ КОРОБКОЮ ПЕРЕКЛЮЧЕННЯ ПЕРЕДАЧ ТА КЛІМАТ КОНТРОЛЮ

Острянюк О.В.

Студент 4-го курсу

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кафедра конструювання електронно-обчислювальної апаратури

ORCID: 0000-0002-5260-7459

e-mail: sasha_ostrianko@mail.ru

Вступ. На сьогоднішній день діагностувати несправність електронної системи самостійно не є можливим. Для цього необхідно звертатися до спеціалізованого автомобільного сервісу, на якому присутнє необхідне устаткування. Проте не секрет, що обслуговування автомобіля на сервісі – задоволення не з дешевих. Окрім того, для проходження обслуговування, необхідно дочекатися своєї черги, яка може звільнитися лише в наступному місяці. Така ситуація змушує відмовитися від несправного автомобіля на цей період часу.

Таким чином, метою даної роботи є створення пристрою, за допомогою якого можна діагностувати несправності в роботі електронних систем автомобіля в домашніх умовах.

Блок управління автоматичною коробкою переключення передач. Електронний блок управління автоматичної коробки передач є складним технічним пристроєм. Його головне призначення – управління робочим процесом трансмісії. Численні датчики отримують інформацію про параметри роботи трансмісії і передають дані в центральний блок керування АКПП.

Зібрана датчиками інформація про режим роботи трансмісії передається в ЕБУ (електричний блок управління). Там відбувається обробка інформації і подальше створення відповідних керуючих сигналів. [1]–[3]

Як і будь-який інший електронний прилад, блок управління АКПП може виходити з ладу. Саме тому важливо мати можливість відслідкувати несправність в роботі приладу, для подальшого ремонту.

Для цього запропоновано паралельно під'єднати пристрій для перевірки електронних систем автомобіля, який виступає у якості еталонного (справного) блоку керування АКПП, завдяки якому можна відслідкувати в який момент часу несправний блок керування відпрацьовує не так як повинен, це дозволить встановити характер поломки, що, в свою чергу, дозволить усунути її з мінімально можливими фінансовими витратами.

Структура та опис роботи приладу. Даний прилад слідкує за датчиками обертів двигуна та вихідного валу, положенням селектора коробки передач та температурою в автомобілі. Структурну схему підключення приладу зображено на рис. 1 нижче.

Прилад виконує наступні функції:

- Клімат-контролю [4]
- Спідометра
- Тахометра
- Блоку керування АКПП [5]

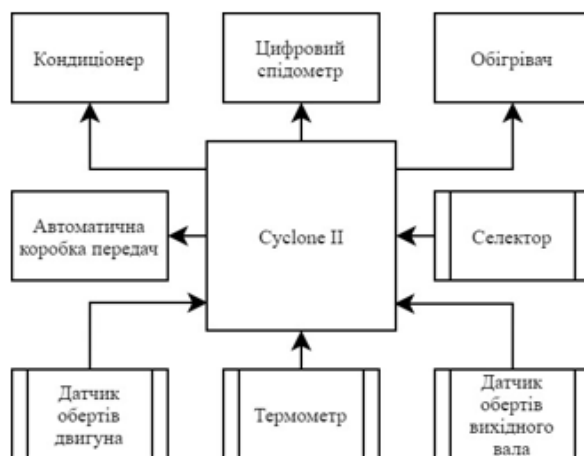


Рисунок 1 – Структурна схема підключення приладу

Симуляція роботи блоку керування АКПП. Симуляцію роботи було проведено в середовищі Modelsim – багатомовному середовищі моделювання HDL від Mentor Graphics для моделювання мов опису апаратних засобів, таких як VHDL, Verilog і SystemC, і включає вбудований відладчик мови Сі.

На рис. 2 (нижче) зображено проведене моделювання в загальному вигляді. На рисунку присутні наступні чотири сигнали:

- `i_selector` – відповідає за положення ручки селектора коробки передач автомобіля;
- `i_speed` – відповідає поточній швидкості автомобіля;
- `i_engine_speed` – відповідає поточній швидкості оборотів двигуна;
- `o_gear` – відповідає поточній передачі;

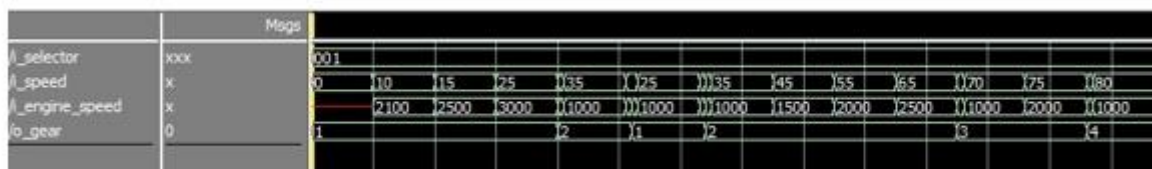


Рисунок 2 – Загальний часовий відрізок моделювання

На даному рисунку видно наступне:

1) Положення ручки селектора в продовж всього моделювання відповідає значенню 1 – це значення відповідає режиму «Drive». В даному режимі коробка передач працює автоматично, перемикаючи передачі відповідно до швидкості руху та швидкості обертів двигуна.

2) Спочатку швидкість руху та швидкість обертів двигуна поступово збільшується до значень 36 км/год та 3100 об/хв, після чого відбувається переключення передачі з першої на другу. Цей момент зображено окремо на рис. 3 нижче.

3) Далі швидкість руху та швидкість обертів зменшується до 29 км/год та 500 об/хв, після чого передача переключається вниз, тобто з другої на першу. Цей момент зображено окремо на рис. 4 нижче.

Як видно з рисунків вище, на «нейтральній» ($o_gear=0$) передачі автомобіль має нульову швидкість (хоча насправді він може продовжувати свій рух, якщо до цього набрав деяку швидкість). Далі, в режимі «паркування» ($o_gear=5$) машина має нульову швидкість, і це обов'язково, адже у даному режимі блокуються колеса автомобіля. А у режимі «заднього ходу» ($o_gear=6$) швидкість автомобіля приймає негативні значення.

Можливості для вдосконалення. На даному етапі прототип містить в собі лише дві фактичні системи для тестування, а саме: блок керування АКПП (роботу якого було симульовано та розглянуто вище) та блок забезпечення комфорту і мікроклімату. Є ще досить велика кількість електронних систем якими даний прилад можна доповнити, що в свою чергу розширить сферу застосування приладу в обслуговуванні автомобіля.

Також, основним пунктом, який дозволить пришвидшити та автоматизувати пошук несправності в електронній системі – є створення автономного режиму роботи приладу, в якому він порівнює роботу системи яку тестують, з «еталонною», та записує в пам'ять лише ті відрізки часу, в яких система працює не коректно.

Дане вдосконалення дозволить зменшити роботу для людини, яка має працювати з приладом, та спостерігати не весь перебіг роботи системи, а лише моменти, в яких відбувається збій, чи некоректна робота системи.

Список літератури:

[1] “What Is a Transmission Control Module?,” Sun Devil Auto URL: <https://www.sundevilauto.com/what-is-a-transmission-control-module/>.

[2] Tsukasa Azuma, “Transmission Control Module Symptoms: Learn The Bad Ones,” 2018. URL: <https://carfromjapan.com/article/car-maintenance/transmission-control-module-symptoms/>.

[3] Andrew Markel, “Solving Automatic Transmission Electronic Control Problems,” 2017. URL: <https://www.brakeandfrontend.com/solving-automatic-transmission-electronic-control-problems/>.